

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY ČLOVĚKA

MEASUREMENT OF HUMAN REACTION TIME

SEMESTRÁLNÍ PRÁCE

SEMESTRAL THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Václav Vykydal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Radovan Smíšek

BRNO 2017



Bakalářská práce

bakalářský studijní obor **Biomedicínská technika a bioinformatika**

Ústav biomedicínského inženýrství

Student: Václav Vykydal

ID: 174539

Ročník: 3

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Měření reakční doby člověka

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1) Seznamte se s problematikou měření reakční doby člověka. 2) Navrhněte alespoň tři mobilní aplikace měřící reakční dobu člověka. Každá aplikace bude založena na jiném principu (např. jednoduchá reakce na zvukový podnět, jednoduchá reakce na vizuální podnět, výběrová reakce). 3) Realizujte aplikace. Jednotlivé výsledky budou ukládány do databáze. Aplikace budou umožňovat několik konfigurací měření (např. zvukový podnět – změna frekvence, doby trvání a intenzity podnětu; vizuální podnět – různé barvy). 4) Navrhněte protokol měření a proveďte měření reakční doby u vhodně zvoleného vzorku probandů všemi vytvořenými aplikacemi. 5) Proveďte statistické vyhodnocení získaných dat a vhodně data prezentujte. 6) Proveďte diskusi získaných výsledků.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] CRABTREE, D. a L. ANTRIM. Guidelines for measuring reaction time. Perceptual and Motor Skills [online]. 1988, 66(2), 363-370 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3399312>

[2] KOSINSKI, R. A Literature Review on Reaction Time. Universität Wien [online]. Clemson University, 2010 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: http://homepage.univie.ac.at/andreas.franz.reichelt/intro2cogsci2/data/literature_review_reaction_time.pdf


Termín zadání: 6. 2. 2017

Termín odevzdání: 02.06.2017

Vedoucí práce: Ing. Radovan Smíšek

Konzultant:




prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na hodnocení reakční doby, pomocí android aplikací, zhotovených v MIT app inventoru. Objekty budou testovány na zrakovou i zvukovou reakční dobu a výsledky budou statisticky vyhodnoceny. Testování se bude týkat různých věkových skupin.

KLÍČOVÁ SLOVA

Reakční doba

Postřeh

Reflex

Podnět

ABSTRACT

This thesis is focused on the evaluation of reaction time using the android application made at MIT App Inventor. The objects will be tested for visual and auditory reaction time and the results will be statistically evaluated. Testing will involve different age groups.

KEYWORDS

Reaction time

Observation

Reflex

Initiative

Vykydal, V. *Měření reakční doby člověka*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav Biomedicínského inženýrství, 2016. 75 s., 49 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: Ing. Radovan Smíšek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Měření reakční doby člověka jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Radovanu Smíškovi, za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Aleši Dobeschovi a Mgr. Lucii Panáčkové. Poděkování patří i testovaným, kteří byli důležitým zdrojem naměřených dat.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	8
1 Měření reakční doby	9
1.1 Fyziologie reakční doby.....	10
1.2 Faktory ovlivňující reakční dobu.....	10
1.3 Reakce na vizuální podnět	11
1.4 Reakce na zvukový podnět	13
2 Android Aplikace	15
2.1 Prostředí MIT App inventoru 2	15
2.2 Návrh aplikací.....	19
3 Tvorba aplikací	21
3.1 Jednoduchá reakce na vizuální podnět.....	21
3.2 Jednoduchá reakce na zvukový podnět.....	25
3.3 Výběrová reakce	29
4 Měření reakcí probandů	34
4.1 Protokol měření.....	35
4.2 Naměřená data	36
5 Statistické vyhodnocení	45
5.1 Statistická analýza reakční doby na vizuální podnět	49
5.2 Statistická analýza reakční doby na zvukový podnět	51
5.3 Statistická analýza reakční doby na výběrovou reakci	53
6 Diskuze	56
7 Závěr	58
Literatura	59

Přílohy	61
Přílohy na CD	75

ÚVOD

Cílem bakalářské práce bude vytvořit 3 jednoduché aplikace na měření reakční doby osob. Jedna z aplikací bude testovat reakci na jednoduchý vizuální podnět, druhá na jednoduchý zvukový podnět a třetí na výběrovou úlohu. Tyto aplikace budou vytvořeny pro operační systém android, který je založen na Linuxu. Aplikace jsou vytvořeny pomocí MIT App Inventoru, který slouží právě pro tvorbu android aplikací. Inventor je vytvořen v Javě.

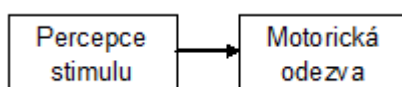
Testováno bude několik objektů různého věku a obou pohlaví. Nejdříve se seznámí s aplikacemi a vyzkouší svou reakční dobu, poté si jednotlivé aplikace procvičí, což bude sloužit k vyhodnocení, zda se jejich reakce zrychlila. Výsledky budou statisticky vyhodnoceny.

1 MĚŘENÍ REAKČNÍ DOBY

Reakční doba je odpovědí organismu na určitý podnět. I přesto že podnět stihneme zaregistrovat během velmi krátké doby v řádech desítek milisekund (reflex), zpracování v mozku a odpověď našeho organismu trvá déle (reakční doba). Přibližně 300-700 milisekund trvá, než dojde k provedení úkonu od zaregistrování podnětu, jelikož pohybová odezva svalstva je delší než zaznamenání informace v mozku. [3]

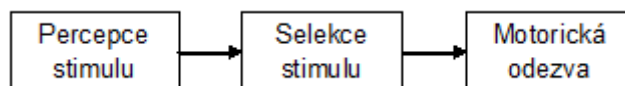
Měření reakční doby lze dle psychologů rozdělit na 3 druhy:

- **Jednoduchá reakce** – reakce na jeden jednoduchý vizuální či sluchový podnět.



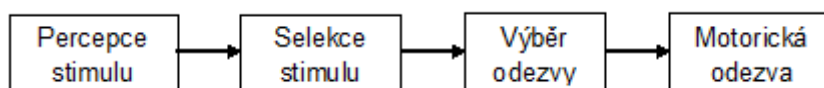
Obrázek 1. Schéma jednoduché reakce, převzato z [9]

- **Rozpoznávací reakce** – reakce je spojená s podněty, kdy má testovaný zareagovat a kdy naopak nereagovat vůbec. Tato reakce souvisí se zapamatovanými vzory a testovaný reaguje jen na „správné“ (předem určené) podněty.



Obrázek 2. Schéma rozpoznávací reakce, převzato z [9]

- **Výběrová reakce** – reakce spojená s výběrem správného výsledku nejčastěji ze 2 možností. Je zde kromě selekce zapojen také proces rozhodování.



Obrázek 3. Schéma výběrové reakce, převzato z [9]

Ještě existuje sériová reakce, která je méně využívána. Jedná se o reakci s posloupností, kdy vzor y následuje až po vzoru x. Zde se testovaný postupně zlepšuje, protože si zapamatuje série vzorů jdoucích po sobě. [1, 2, 9]

1.1 Fyziologie reakční doby

Lidé ve svém každodenním životě musí reagovat na jednotlivé podněty z okolí a správně je vyhodnocovat. O zaregistrování podnětu se starají receptory zraku, sluchu, ale i čichu, chuti a hmatu. Podráždění těchto receptorů vede ke vzniku informace vedenou senzoryckými neurony do mozku (aferentní dráha). V centrální nervové soustavě se informace zpracuje a tělo adekvátně zareaguje. Nejčastěji se motorickými neurony (eferentní dráha), pomocí akčních potenciálů, vyšle informace do efektorů (např. kosternímu svalstvu). K tomuto jevu dochází například při leknutí nebo v případě, že objekt letí k našemu oku, což vyvolá automatický pohyb víčka a oko tedy ochráníme zavřením. [3, 4]

Všechny žijící organismy mají vrozené nepodmíněné reflexy (pudy), které jsou plně automatické. Existence nepodmíněných reflexů je dána geneticky. Jsou zakódované v nervové dráze v mozku, která je stále aktivní. Dostavují se vždy a stereotypně, pokud jedinec netrpí nějakou patofyziologií. [4]

Podmíněné reflexy naopak vytváří nové nervové spojení formou učení. Tyto reflexy jsou pouze dočasné s opakováním se posilují a jinak vyhasínají. Studium podmíněných reflexů se zabýval ruský lékař I. P. Pavlov. Podmíněné reflexy jsou reakcí na určitý podnět, např. zvukovým podnětem spojeným s krmením psa, dojde v jeho mozku k tvorbě nové nervové dráhy, ale pokud ho při tomto podnětu přestaneme krmit, spojení se přeruší. [4]

1.2 Faktory ovlivňující reakční dobu

Reakční dobu samozřejmě ovlivňuje spousta faktorů. K nejvýznamnějším patologickým stavům můžeme zařadit Alzheimerovu, Parkinsonovu a Huntigtonovu chorobu, které ovlivňují správnou funkci centrální nervové soustavy. [5]

Další faktory ovlivňují i zdravé jedince [2, 3]:

Věk – patří mezi nejvýznamnější faktory. Reakční doba se postupně zkracuje do 20tého roku života, poté pomalu roste do 50-60 let, a pak se výrazně prodlužuje ve věku 70 let a více, nezávisle na pohlaví.

Pohlaví – muži mají rychlejší reakci na jednoduchý podnět než ženy.

Trénink – podstatně snižuje reakční dobu.

Aktivace – reakční doba se prodlužuje, když je člověk příliš relaxovaný nebo naopak napjatý (stresovaný). Ideálně by měl být na střední úrovni aktivace.

Distrakce – rušivé faktory (např. hluk) ovlivňují a prodlužují reakční dobu,

převážně u mladších osob.

Chyby – při chybě v průběhu testování se následující reakce prodlouží, pravděpodobně se objekt snaží větší opatrností.

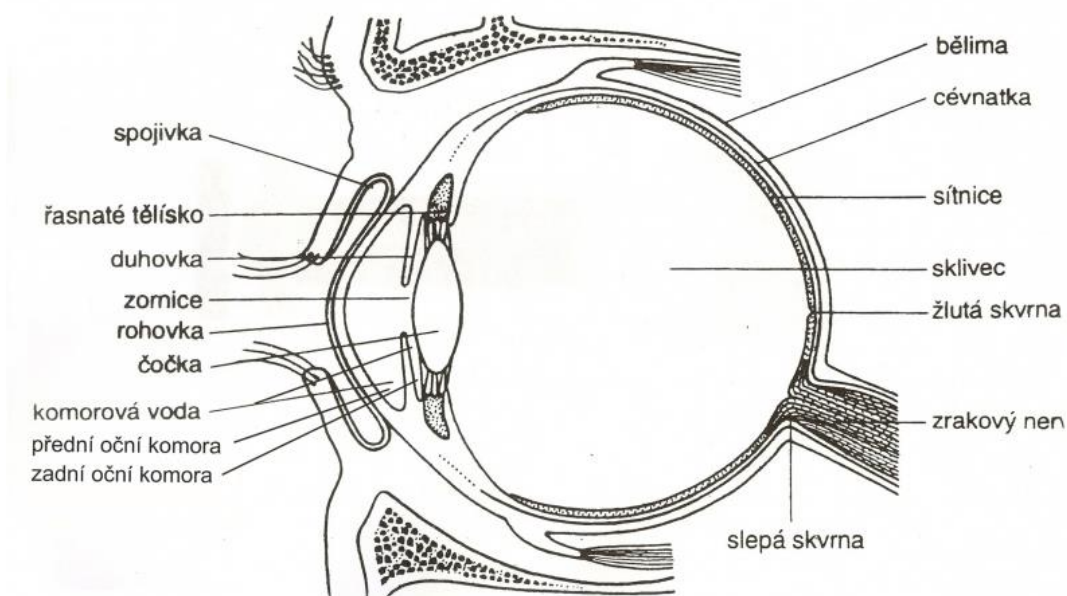
Únava – reakční doba se spolu s únavou prodlužuje. Zejména u složitější reakce. Ospalost má na reakční dobu vysoký vliv. Vzhledem k tomu testování v nočních hodinách prodlužuje rychlost reakce a tím ovlivňuje výsledky

Trest – bolestivý (např. elektrický) podnět, po dlouhé reakční době, zkracuje reakční dobu.

Léky – stimulanty zkracují reakční dobu, pokud člověka nedostanou do stavu napjatosti. Tlumivé léky naopak reakční dobu prodlouží.

Varování – obecně jsou reakční doby kratší, když testovaný očekává výskyt podnětu, ovšem s opakovaným testováním může dojít k frustraci a tím pádem se reakční doba zase prodlužuje.

1.3 Reakce na vizuální podnět



Obrázek 4: Schématický řez okem, převzato z [5]

Při vytváření obrazu musí světelný paprsek projít na své cestě k sítnici čtyřmi optickými prostředními a to rohovkou, komorovou vodou, čočkou a sklivcem (viz Obrázek 4). Poté dopadá na fotoreceptory, nacházející se na sítnici. Jedná se o tyčinky, které zajišťují skotopické vidění (nerozlišují barvy, pouze intenzitu světla) a o čípky, které zajišťují fotopické (barevné) vidění. Čípky se nachází s největší hustotou ve žluté

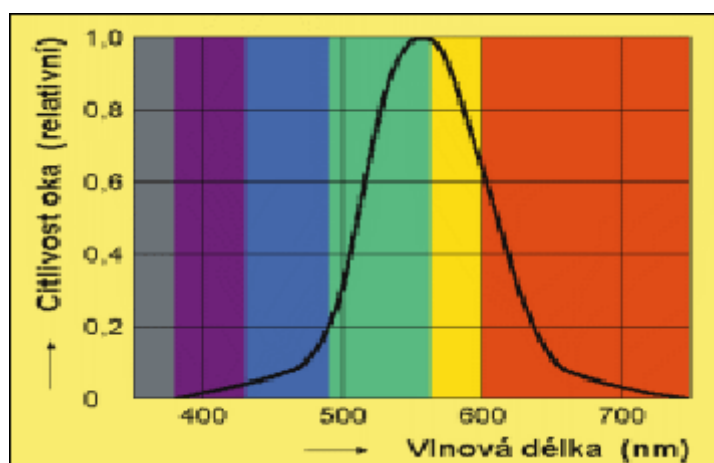
skvrně, kam je našim zrakovým aparátem paprsek směřován. Podráždění fotoreceptorů se pomocí zrakových nervů přeneše do zrakového centra v mozku, kde vzniká výsledný obrazový vjem. Zrakový podnět dorazí do mozku přibližně za 20-40 ms. Průměrná hodnota reakční doby u studentů vysokých škol je pro světlo 190 ms. [3, 6, 7, 8]

Lidské oko je schopno vnímat světlo vlnových délek v rozmezí přibližně od 397 nm do 723 nm. Maximální citlivost za světla vykazuje na vlnovou délku 555 nm (zelenožlutá barva), ale za tmy vykazuje největší citlivost na vlnové délce 507 nm. Obrázek 5 ukazuje relativní citlivost oka v závislosti na vlnové délce. Lidský zrak umožňuje rozlišit rozdíl vlnové délky odpovídající 1 nm. [6, 7, 8]

Čípky se dělí do 3 skupin vnímající určité vlnové délky:

- Čípek β (short) citlivost 400-500 nm s maximem 420-440 nm,
- čípek γ (medium) citlivost 450-630 nm s maximem 534-555 nm
- čípek ρ (long) citlivost 500-700 nm s maximem 564-580 nm.

Barevné vidění je pak vnímáno jako odečet nebo součet aktivit jednotlivých čípků. [6, 7, 8]

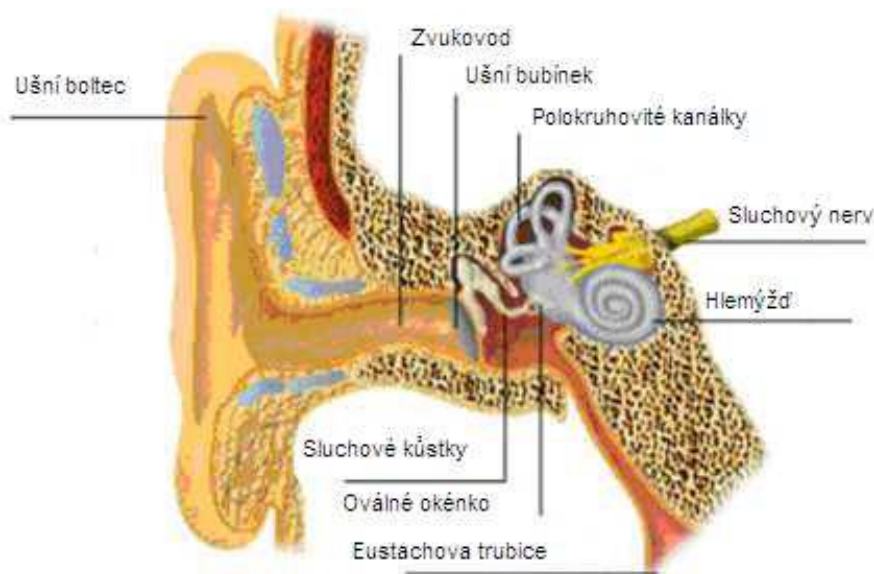


Obrázek 5: Citlivost oka v závislosti na vlnové délce, převzato z [8]

Reakci na zrakový podnět ovlivňuje osvětlení v místnosti. V neosvětlené místnosti člověk zareaguje rychleji na svítící podnět, jelikož má velký kontrast oproti přesvětlené místnosti, kde je těžší zaregistrovat světelný podnět. Kontrast je tedy dalším ovlivňujícím faktorem. Dále reakční dobu ovlivňuje barva, jas a intenzita podnětu. [1]

Výsledky hodnocení by mohly ovlivnit také patofyziologické poruchy optické soustavy oka. Mezi ty patří krátkozrakost (myopie), kdy obrazové ohnisko leží před sítnicí, dalekozrakost (hyperopie), kdy obrazové ohnisko leží za sítnicí a astigmatismus, při kterém dochází k nesprávnému lomu paprsků světla do ohniska, kvůli nestejněměrnému zakřivení rohovky. [6, 8]

1.4 Reakce na zvukový podnět



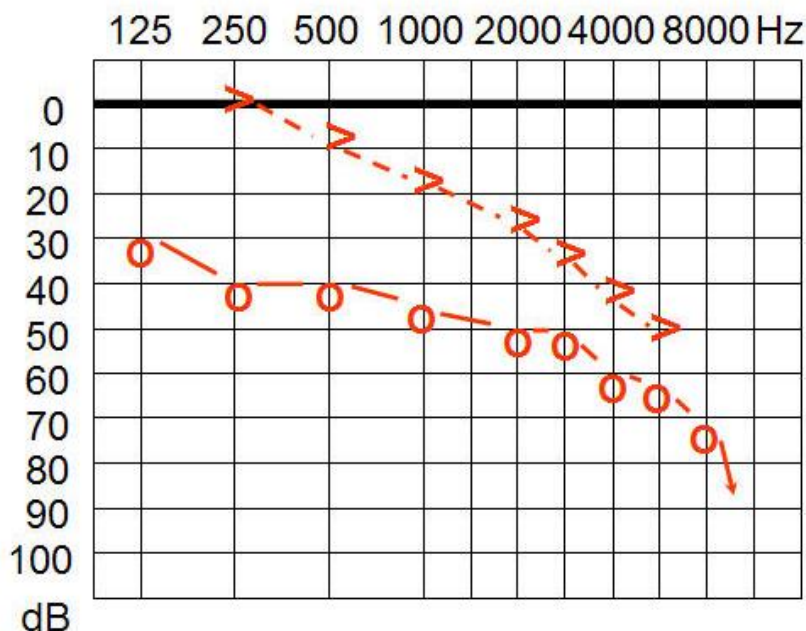
Obrázek 6. Sluchový aparát, převzato z [5]

Na rozdíl od vnímání obrazu se zvuk vnímá podvědomě, bez úmyslu ho vnímat. Při zpracování zvuku musí signál projít určitými prostředími, kde dochází k převodu akustického zvuku z mechanického signálu na elektrický signál. Optimálně slyšíme zvuk přicházející k zevnímu uchu zepředu pod úhlem 15° vzhledem k ose obou uší. Jakmile se zvuk dostane k zevnímu uchu, vstoupí do zvukovodu, tam rezonuje a naráží na bubínek, který zvukové vlny rozechvějí a vibrace se pomocí kladívka, kovádlíčky a třmínku přenesou do hlemýžďe (cochlea), viz Obrázek 6. V hlemýždi vibrace aktivují smyslové (vláskové) buňky, které se vychýlí a transformují mechanické vlnění na elektrický signál. Pomocí sluchového nervu se informace přenesou do centra zpracovávající zvuk. Zvukový podnět dorazí do mozku za 8-10 ms, což je výrazně rychlejší přenos než u vizuálního podnětu, což bylo experimentálně potvrzeno – průměrná reakční doba studentů vysokých škol pro zvuk odpovídá 150 ms, což je méně než u vizuálního podnětu (190 ms, viz výše.). [6, 9]

Meze slyšitelnosti lidského ucha jsou ve zvukovém spektru od 16 Hz do 20 kHz, ale se zvyšujícím se věkem se tento rozsah zmenšuje. Mechanické kmity menší než 16 Hz označujeme jako infrazvuk a kmity vyšší než 20 kHz označujeme jako ultrazvuk. Největší citlivost má lidské ucho na frekvencích 1-5 kHz, směrem k vyšším i nižším frekvencím jeho citlivost klesá. [6]

Zvuk může být buď jednoduchý (čistý) nebo složený, který dále dělíme na hudební, který má periodický charakter a nehupební, což je hluk a šum, který nemá periodický charakter.

Zvuk charakterizují 2 hlavní znaky, rozhodující o zachycení podnětu. Prvním je výška zvuku, která je určena kmitočtem a druhým je síla neboli intenzita, která je dána množstvím akustické energie, která za jednu sekundu projde jednotkovou plochou. Hladina intenzity se udává logaritmickým poměrem s jednotkou bel, ovšem v praxi se používá menší jednotka decibel (dB). [6]



Obrázek 7. Audiogram nedoslýchavého člověka, převzato z [10]

Porucha vnímání zvuku se nazývá nedoslýchavost a úplná dysfunkce sluchu je hluchota. Při reagování na zvukový podnět může nedoslýchavost nepříznivě ovlivnit délku reakční doby a hluchý člověk pochopitelně nemůže reagovat vůbec. Vyšetření sluchu se provádí metodou audiometrie a jejím výsledkem je audiogram, příklad audiogramu se nachází na Obrázek 7. V audiogramu je zaznamenáno, jak daný jedinec slyší určité frekvence (tóny) o dané intenzitě. [6, 10]

2 ANDROID APLIKACE

Android je operační systém vycházející z operačního systému Linux. Je nejčastěji využívaný a nejrychleji se rozvíjející operační systém v chytrých telefonech a dalších zařízeních. Přibližně 85 % z těchto zařízení běží na Androidu. Jedná se o chytré telefony, tablety, set-top boxy, televize a hodinky. Do budoucna je v plánu operačním systémem Android řídit i automobil. Android je založen na linuxovém jádru a jako takový je psán v jazyku Java, který je multiplatformní, takže aplikace vytvořené v Javě jsou schopné běžet na různých zařízeních. [11]

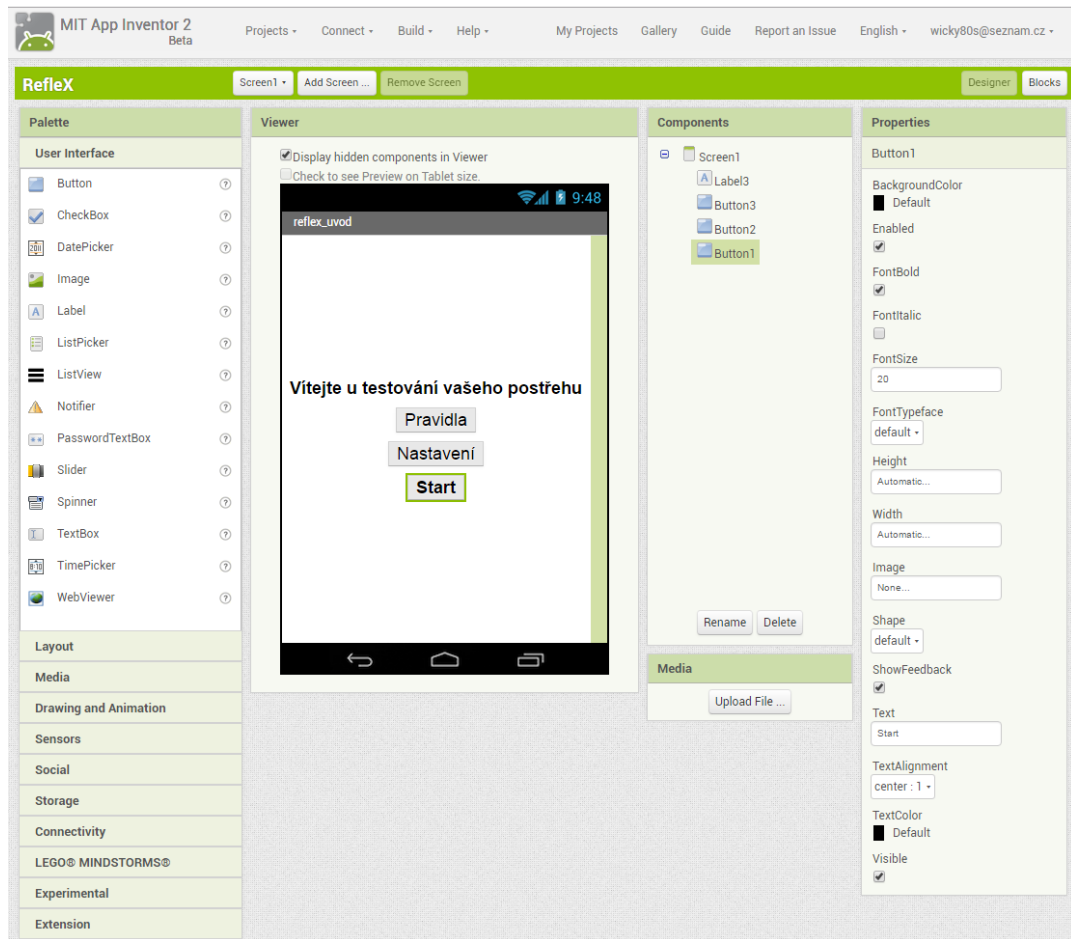
Pro tvorbu aplikací pro Android lze využít různá vývojová prostředí, mezi které patří Eclipse, NetBeans, Android studio či MIT App Inventor, jehož vývojové prostředí je ve webovém prohlížeči a zdarma. Pro tvorbu aplikace stačí mít účet u společnosti Google. Ve své práci budu využívat právě MIT App Inventor 2, který má jistá omezení, ale na druhou stranu má i spoustu výhod. Jako jednu z výhod bych uvedl průběžné ukládání práce, takže pokud dojde k odpojení z internetu, práci nemusíme tvořit od prvopočátku. [11, 15]

2.1 Prostředí MIT App inventoru 2

Prostředí MIT App Inventoru 2 je tzv. drag and drop systém, skládající se ze 2 hlavních částí – **Designer** a **Blocks**. V designeru si uživatel vytváří obrazovky a rozložení prvků na dané obrazovce. Ukázka části vývojového prostředí Designer se nachází na Obrázek 8. Toto prostředí je rozděleno na několik částí: [12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]

- **Palette** – obsahuje položky User Interface (slouží k návrhu uživatelského prostředí ve vyvíjené aplikaci), Layout (rozložení komponent na obrazovce), Media (fotoaparát, videopřehrávač a jiné), Drawing and Animation (kreslení a animace), Sensors (senzory např. senzor orientace, lokace, BarCode skener, časovač), Social (email a další), Storage (úložiště), Connectivity (Bluetooth Klient) a další.
- **Viewer** – zde je ihned vidět vizuální rozpoložení objektů na obrazovce zařízení. Jde tedy o představu, jak bude vypadat displej telefonu. Některé komponenty jsou na displeji neviditelné, ale běží na pozadí a plní určitou funkci např. časovač na stopování času.
- **Components** – zde se nachází jednotlivé prvky dané obrazovky, lze je mazat nebo přejmenovávat. V tomto bloku je navíc umožněno nahrávání (upload) médií (obrázků, zvuků apod.).

- **Properties** – nastavitelné vlastnosti jednotlivých komponent jako například výška a šířka komponent, barva a velikost textu a další.



Obrázek 8. MIT App Inventor 2 – prostředí Designer

V druhé části vývojového prostředí **Blocks** (viz Obrázek 10) se provádí samotné programování funkčnosti aplikace. Programovací kód se vytváří z jednotlivých bloků, které do sebe zapadají. Bloky jsou rozděleny do skupin, každá z nich má svou specifickou barvu.

Typy skupin:

- **Control** – obsahuje např. podmínky a cykly.
- **Logic** – v něm jsou bloky, pracující s logickými výrazy (hodnoty 0/1).
- **Math** – zde se nachází vše okolo čísel např. matematické operátory (+, -, <, ...), konstanty, blok pro zaokrouhlení atp.
- **Text** – komponenty zabývající se řetězci a vším s nimi spojeným.
- **Lists** – tvorba a editace seznamů.
- **Colors** – barvy.

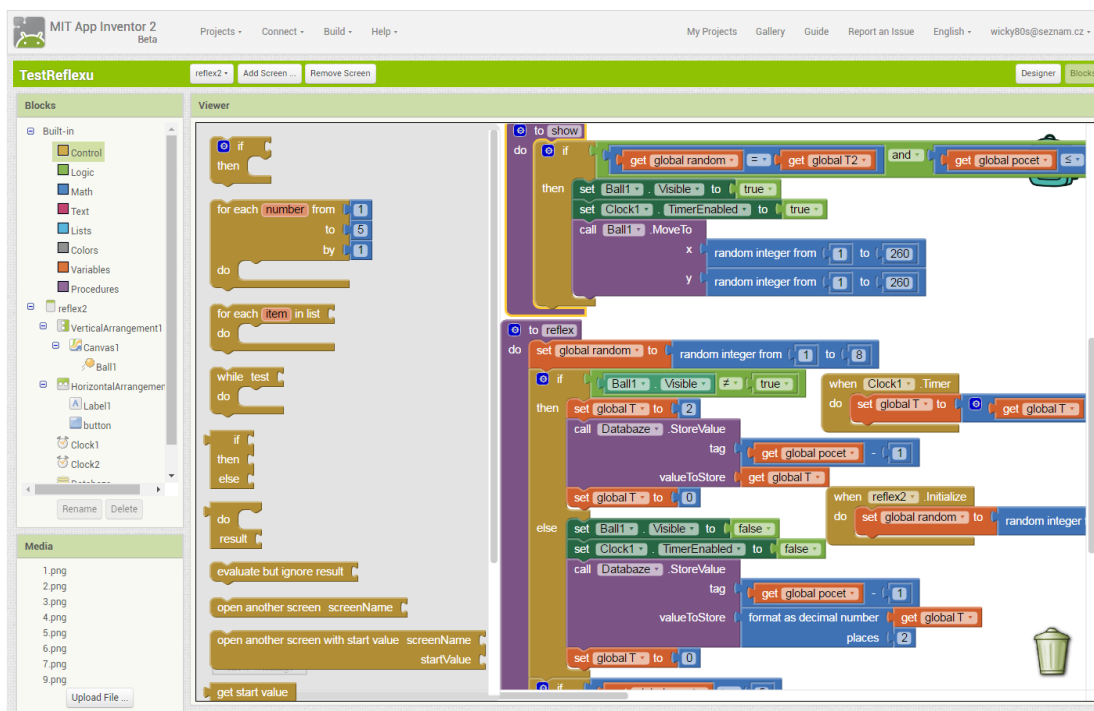
- **Variables** – tvorba proměnných.
- **Procedures** – komponenty, které slouží pro tvorbu funkcí, které lze později v kódu volat.
- Dále obsahuje komponenty, které byly přidány v prostředí Designer. Některé z nich mají speciální vlastní bloky charakteristické pro danou skupinu, viz Obrázek 9, na kterém lze vidět speciální bloky pro **Button** (tlačítko). Například konkrétní blok **when button.Click** zajišťuje po každém stisknutí tlačítka provedení příkazů, které do tohoto bloku byly vloženy. [12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]



Obrázek 9. Speciální programové bloky pro komponentu Button

Programy vytvořené v MIT App Inventoru fungují přirozeně paralelně. Například všechny bloky vytvářející globální proměnné proběhnou, jakmile se otevře (vyvolá) obrazovka, která je používá. Podobně při použití bloku *časovač* se spustí jednou za čas

všechny akce v tomto bloku obsažené nezávisle na tom, jaké příkazy jsou v tu chvíli zpracovávány jinými bloky. Jednotlivé bloky tedy fungují paralelně a do jisté míry nezávisle. Nachází se zde ale i bloky závislé. Takovýmto blokem je například *procedura* – příkazy v ní obsažené jsou vykonány až poté, co je zavolána příkazem uvnitř jiné komponenty, přičemž další příkazy v této komponentě neprobíhají dál paralelně, ale proběhnou teprve, až skončí všechny akce (příkazy) ve volané proceduře.



Obrázek 10. MIT App Inventor – prostředí Blocks

V MIT App Inventoru 2 se dále nachází menu, které umožňuje přepínat mezi jednotlivými projekty (aplikacemi), vytvořit finální aplikaci ve formátu .apk a testovat funkčnost aplikace v reálném čase. K testování slouží 3 možnosti:

- **AI Companion** – k připojení je zapotřebí na zařízení nainstalovat aplikaci MIT AI2 Companion a také být připojený na stejnou wi-fi/sít', jako počítač. Companion je nejlepší způsob testování, jelikož můžeme vyzkoušet všechny vymoženosti zařízení a zároveň je to nejrychlejší způsob testování, stačí oskenovat QR kód či napsat ručně šestimístný kód a dojde k propojení. [12]
- **Emulátor** – funguje na nejznámějších operačních systémech (Windows, Linux, Mac). K jeho použití je do počítače zapotřebí nainstalovat softwarový balíček. Poté spustit aiStarter.exe na pozadí operačního systému. Pak se z Inventoru lze připojit na emulátor. Obrázek 11 je ukázkou emulátoru. Obrázek 11. Ukázka emulátoru Nevýhodou emulátoru je, že jeho spouštění trvá dlouho, a navíc neodpovídá chování pravého zařízení. Nelze otáčet – neotestujeme gyroskop,

nevybíjí se mu baterie atd. [12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]

- **USB** – k propojení přes USB kabel je stejně jako u emulátoru nutné nainstalovat softwarový balíček s aiStarter.exe. Navíc je potřeba nainstalovat na zařízení android ovladače Windows pro USB komunikaci. Chování zařízení otestujeme stejně jako u AI Companion, ale musíme být neustále propojení USB kabelem, což je nepohodlné. [12, 17, 18]



Obrázek 11. Ukázka emulátoru

2.2 Návrh aplikací

Úkolem v navazující bakalářské práci bude vytvořit 3 mobilní aplikace, které budou sloužit k měření reakční doby, a to jak na vizuální, tak na zvukový podnět. Poslední aplikace bude výběrová kombinace obou podnětů.

Jednoduchá reakce na vizuální podnět – aplikace bude měřit reakční dobu na změnu barvy obrazovky z černé na bílou, zelenou, modrou, červenou, hnědou a žlutou. Měření se během 1 testování provede 5krát. Z naměřených dat se odstraní okrajové hodnoty (maximum a minimum) a ostatní 3 měřené reakce se zprůměrují. Výsledky budou uloženy do databáze, ve které se budou nacházet i staré záznamy, a následně budou statisticky vyhodnoceny. Aplikace bude vytvořena ze 3 obrazovek. Na první

bude nastavení a pravidla aplikace, na druhé měření reakční doby probanda a na poslední bude výsledek a tabulka nejrychlejších reakcí.

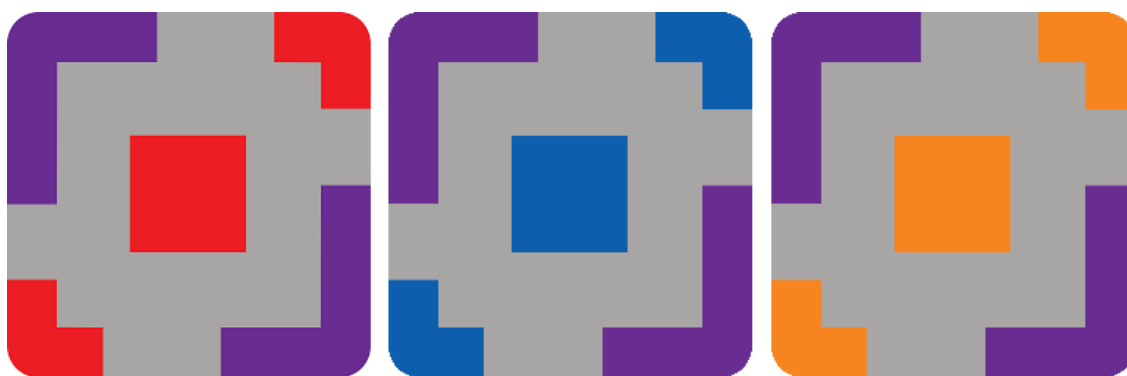
Jednoduchá reakce na zvukový podnět – aplikace bude měřit reakční dobu v rámci zaznamenání zvukového podnětu o určité frekvenci, která bude nastavitelná na úvodní obrazovce. Kromě frekvence si uživatel nastaví i intenzitu (hlasitost) a délku trvání stimulu. Součástí aplikace budou 3 obrazovky. Na úvodní bude nastavení stimulu a budou zde vysvětlena pravidla. V druhé se bude měřit reakční doba a na třetí bude vyhodnocení. Opět bude měřeno 5 reakčních dob a okrajové hodnoty budou odstraněny, ostatní se zprůměrují a výsledek se uloží do databáze, která bude obsahovat i historii záznamů.

Výběrová reakce – aplikace bude měřit reakční dobu potřebnou k vyhodnocení stimulu – zda se jedná o zvukový či vizuální podnět. Bude složena ze tří obrazovek. Na první budou pravidla, na druhé měření reakce výběru stimulu a na třetí výsledné reakce na oba podněty a také jejich medián. Změří se celkem 3 reakce vizuální a 3 zvukové, testovaný s tím není obeznámen, aby to neovlivnilo výsledky měření. Z těchto 3 reakcí se vybere prostřední hodnota (medián), která se považuje za výslednou.

3 TVORBA APLIKACÍ

Jak již bylo zmíněno, výše uvedené aplikace budou realizovány ve vývojovém prostředí MIT App Inventor 2 a to každá aplikace jednotlivě. Všechny aplikace budou jednotlivé výsledky ukládat do databáze, čímž vznikne historie měřených dat.

Všechny 3 aplikace obsahují na úvodní obrazovce pozadí, které bylo vytvořeno na webových stránkách [21] a také tlačítko na zavření aplikace [22]. V softwaru Adobe Illustrator byla pro všechny aplikace vytvořena ikona, viz Obrázek 12.



Obrázek 12. Ikony (zleva) – Aplikace **RefleXColor**, **RefleXSound**, **ReflexXx**

3.1 Jednoduchá reakce na vizuální podnět

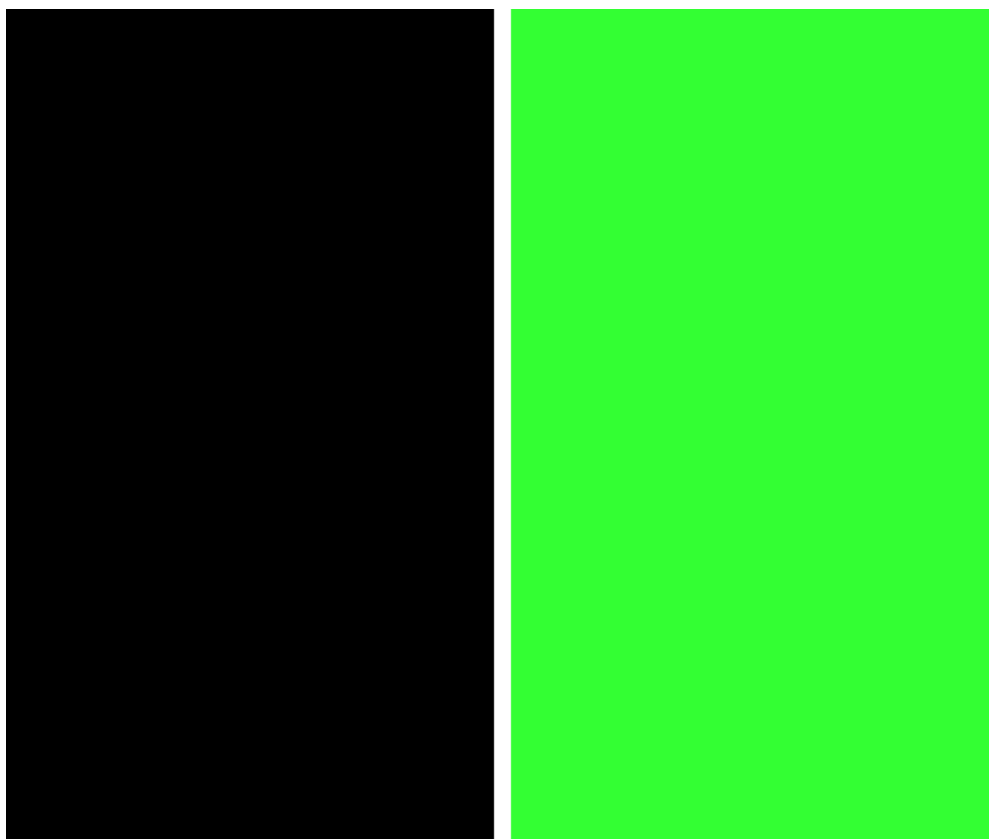
Aplikace **RefleXColor** obsahuje úvodní obrazovku s názvem **Screen1** s výběrem barvy pomocí prvku **Spinner**, který obsahuje seznam barev (bílá, červená, modrá, zelená, žlutá a hnědá), a vysvětlením, jak měření v této aplikaci funguje (tlačítko pravidla; viz Obrázek 13). V pravém horním rohu se nachází tlačítko „křížek“, které slouží k zavření aplikace. Úvodní obrazovka také obsahuje tlačítko **Start**, po jehož stisku dojde k přepnutí na další obrazovku s názvem **reflex_test** a uložení vybrané barvy, v proměnné *barva*.



Obrázek 13. Screen1 – Úvodní obrazovka aplikace **RefleXColor**

Další obrazovka je nazvána **reflex_test**. Na této obrazovce probíhá samotné měření reakční doby testovaného. Vzhled této obrazovky je na Obrázek 14. Obrázek 15 znázorňuje vývojový diagram princip této obrazovky. Jakmile dojde k jejímu vyvolání vytvoří se globální proměnné a spustí se časovač **Clock1**, který zvyšuje proměnnou *time* o 10 každých 10 ms a to do té doby, než přesáhne proměnnou *random*, která obsahuje náhodně vygenerovanou hodnotu 1000 až 5000 ms. Až k tomu dojde (*time* je větší než *random*), vypne se časovač **Clock1** a realizuje se vizuální podnět, a to změnou obrazovky z černé na předem vybranou barvu (proměnná *barva*), taktéž se spustí časovač **timer**, který se vypne, až při reakci testovaného. Ten zareaguje kliknutím na libovolné místo obrazovky. Proměnná *pocet* se zvýší o 1, pokud zrovna probíhal podnět. Taktéž se barva obrazovky změní zpět na černou a proměnná *reflex_time* se uloží do seznamu *times*. Vypne se časovač **timer** a k proměnné *suma* se přičte aktuální reakční doba (*reflex_time*), která je posléze vynulována. Opět se vygeneruje nové náhodné číslo v intervalu 1000 až 5000 a uloží se do proměnné *random*, proměnná *time* se vynuluje, spustí se časovač **Clock1** a celý proces se opakuje. Jakmile dojde ke změření pěti reakčních dob (proměnná *pocet* se rovná 5) proměnná *barva* se uloží do databáze **TinyDB** a dojde k vyvolání procedury **hodnoceni**, ve které se odstraní okrajové

hodnoty a zbylé 3 se zprůměrují. Výsledek se uloží do proměnné *mean* a otevře se 3. obrazovka s názvem **vysledky** spolu s proměnnou *mean*.

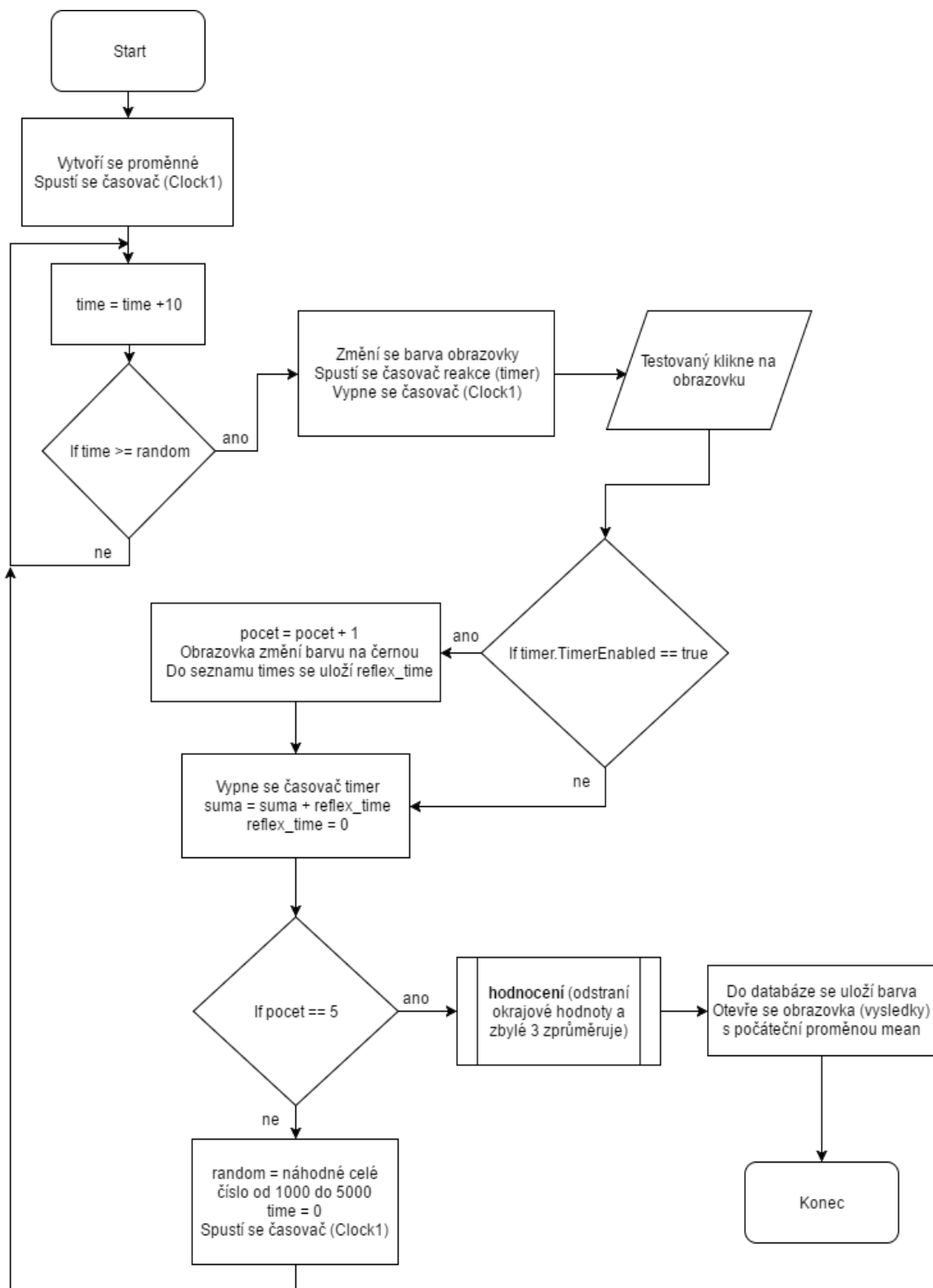


Obrázek 14. Obrazovka s názvem **reflex_test** z aplikace **RefleXColor**, bez očekávaného podnětu (vlevo) a s očekávaným podnětem (vpravo)

V této aplikaci člověk reaguje na konkrétní barvy. Vlnová délka všech barev, kromě bílé, byla změřena spektrálním analyzátozem aVantes AvaSpec-3648. Tabulka 1 obsahuje naměřené výsledky, které odpovídají maximální amplitudě elektromagnetického záření. Žlutá a hnědá jsou kombinace dvou barev. První hodnota v tabulce je dominantnější vlnovou délkou.

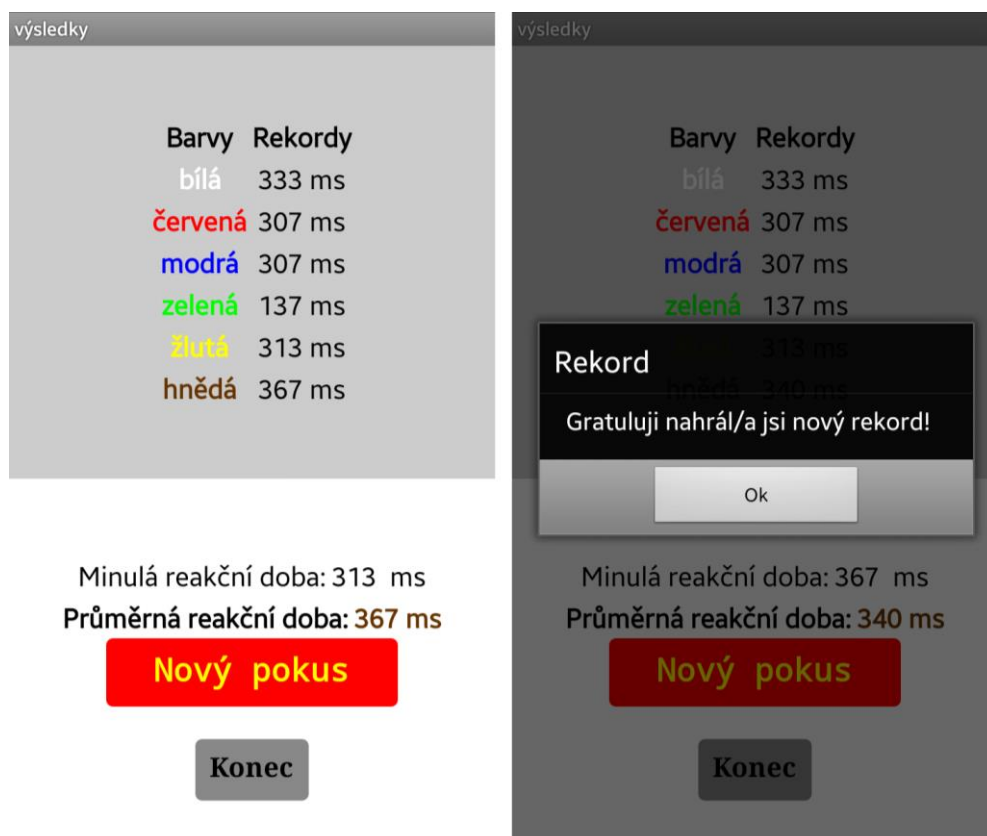
Tabulka 1. Naměřené vlnové délky použitých barev

	červená	modrá	zelená	žlutá	hnědá
λ [nm]	615	455	520	520, 615	615, 520



Obrázek 15. Vývojový diagram 2. obrazovky (**reflex_test**) aplikace **RefleXColor**

V pořadí třetí a poslední obrazovka má název **vysledky** – na této obrazovce je zobrazen výsledek – průměrná reakční doba – proměnná *mean*, a také je zde vyobrazena tabulka nejlepších reakcí (rekordů) pro všechny barvy (bílá, červená, modrá, zelená, žlutá a hnědá), viz Obrázek 16. Dále se zde nachází průměr reakční doby z předchozího měření. Ve spodní části obrazovky se nachází 2 tlačítka, **Nový pokus**, při jehož stisku dojde k návratu na úvodní obrazovku (**Screen1**) a také tlačítko **Konec**, které aplikaci ukončí.

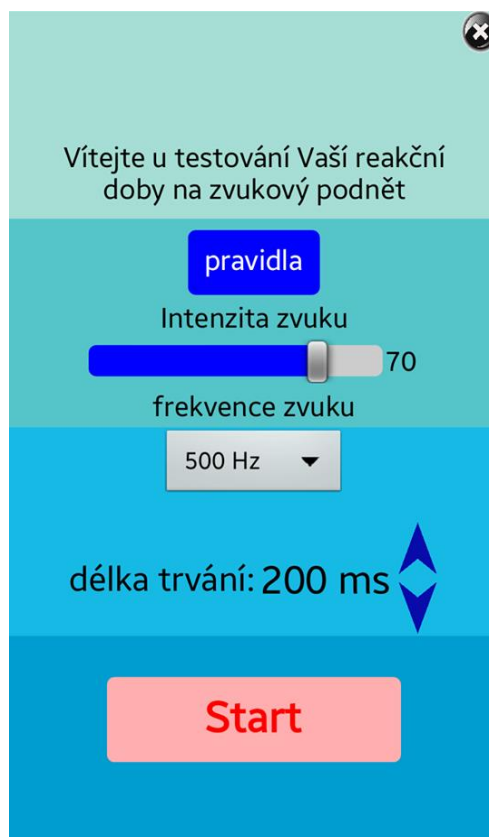


Obrázek 16. Obrazovka s názvem **vysledky** z aplikace **ReflexColor** (vlevo), po překonání předchozího rekordu (vpravo)

3.2 Jednoduchá reakce na zvukový podnět

Úvodní obrazovka aplikace **ReflexSound** nese název **Screen1** a obsahuje vysvětlení, jak měření probíhá (tlačítko pravidla) a nastavení parametrů zvukového stimulu. Pomocí prvku **Slider** lze nastavit jeho hlasitost v rozmezí 0-100 %, frekvence se vybírá pomocí prvku **Spinner** ze seznamu hodnot 500, 2500, 4500, 6500 a 8000 Hz. Dále lze nastavit délku trvání stimulu od 150 ms po 500 ms s krokem 50 ms. K tomu slouží 2 tlačítka s obrázky šipek nahoru a dolů [13]. Obrázek 17 je ukázkou této úvodní obrazovky. V pravém horním rohu se nachází tlačítko „křížek“ na zavření aplikace

a dalším prvkem je tlačítko **Start**, po jehož stisku dojde k uložení všech parametrů stimulu do databáze **DB** a přepne uživatele na další obrazovku s názvem **test**.



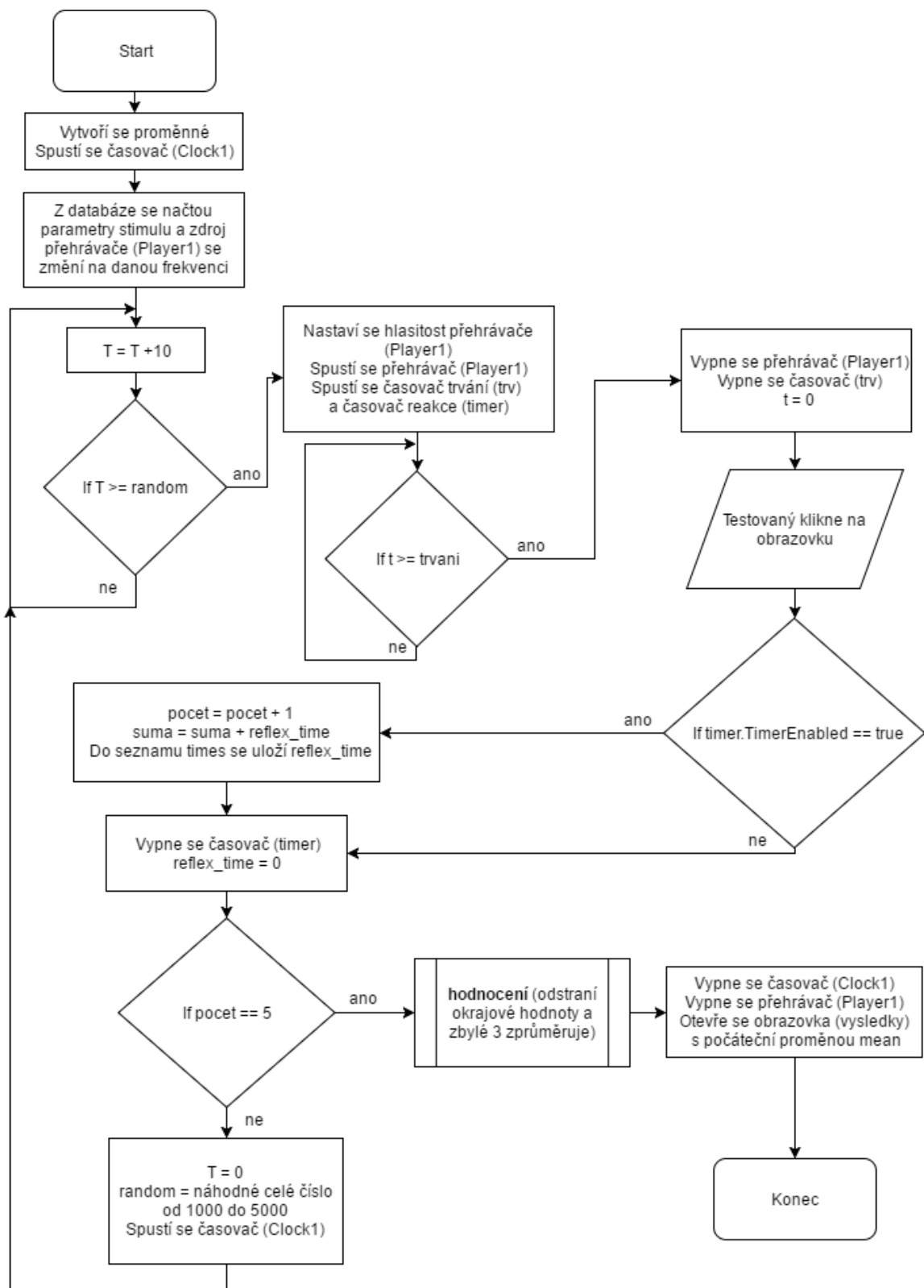
Obrázek 17. Úvodní obrazovka s názvem **Screen1** z aplikace **RefleXSound**

Další obrazovka se jmenuje **test** (viz Obrázek 18). Zde probíhá samotné měření reakční doby testovaného. Obrázek 19 znázorňuje vývojový digram princip této obrazovky. Jakmile dojde k jejímu vyvolání, vytvoří se globální proměnné a spustí se časovač **Clock1**, zároveň se z databáze **DB** načte hlasitost (proměnná *volume*), délka trvání stimulu v milisekundách a *frekvence*, která se pomocí podmínek nastaví jako zdroj přehrávače **Player1**. Díky časovači se proměnná *T* zvyšuje o 10 každých 10 ms, dokud nepřesáhne proměnnou *random*, která se nastavuje v rozmezí 1000 až 5000 ms, jakmile ji přesáhne ($T > random$), spustí se přehrávač **Player1** s nastavenou hlasitostí a zároveň se spouští časovač **timer** na měření reakční doby a časovač **trv** odpovědný za délku trvání stimulu. Jakmile *t* je větší než *trvani*, přehrávač **Player1** se vypíná a *t* se vynuluje. Až testovaný klikne na obrazovku (klidně i v průběhu znění tónu) zkontroluje se, zda byl spuštěn časovač **timer**, pokud ne pouze se přepíše proměnná *random*. Pokud ano proměnná *pocet* se zvýší o 1, dojde k přičtení *reflex_time* k proměnné *suma* a tato reakční doba je taktéž uložena do seznamu *times*. Vynuluje se proměnná *T* a celý proces se opakuje, dokud se proměnná *pocet* nerovná 5, poté se spustí procedura **hodnoceni**,

která odstraní extrémy a zbylé 3 reakční doby zprůměruje, takový výsledek je uložen do proměnné *mean* a otevře se další obrazovka s názvem **vysledky** spolu s touto proměnnou.



Obrázek 18. Obrazovka s názvem **test** z aplikace **RefleXSound**



Obrázek 19. Vývojový diagram 2. obrazovky (test) z aplikace **RefleXSound**

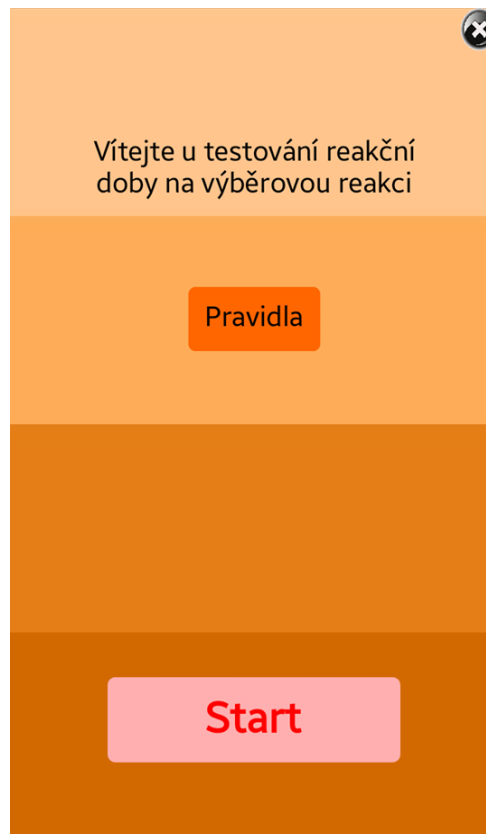
Poslední (třetí) obrazovka má název **vysledky** – na této obrazovce je zobrazen výsledek – průměrná reakční doba – proměnná *mean* a frekvence, na které byla nahrána. Dále je zde vyobrazena tabulka nejlepších reakcí (rekordů) pro všechny frekvence (500 Hz, 2500 Hz, 4500 Hz, 6500 Hz a 8000 Hz), viz Obrázek 20. Rekordy, minulá reakční doba a frekvence měření jsou načteny z databáze **DB**. Dále se zde nachází 2 tlačítka, **Nový pokus**, při jehož stisku dojde k návratu na úvodní obrazovku (**Screen1**) a také tlačítko **Konec**, které ukončí aplikaci.



Obrázek 20. Obrazovka s názvem **vysledky** z aplikace **RefleXSound**, po překonání předchozího rekordu (vpravo)

3.3 Výběrová reakce

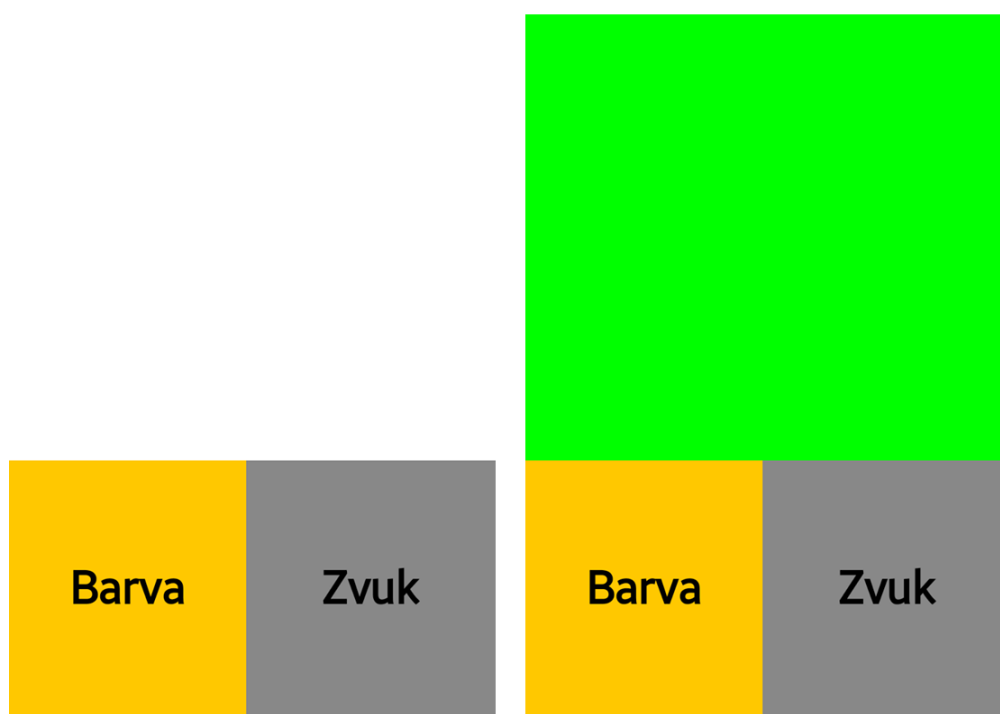
Aplikace **ReflexXx** měří reakční dobu na výběrovou reakci. Její úvodní obrazovka (viz Obrázek 21) nese název **Screen1** – obsahuje vysvětlení, jak měření probíhá (tlačítko pravidla). Stejně jako v předchozích aplikacích se v pravém horním rohu nachází tlačítko „křížek“, které slouží k zavření aplikace. Posledním prvkem je tlačítko **Start**, po jehož stisknutí následuje přepnutí na další obrazovku s názvem **test**.



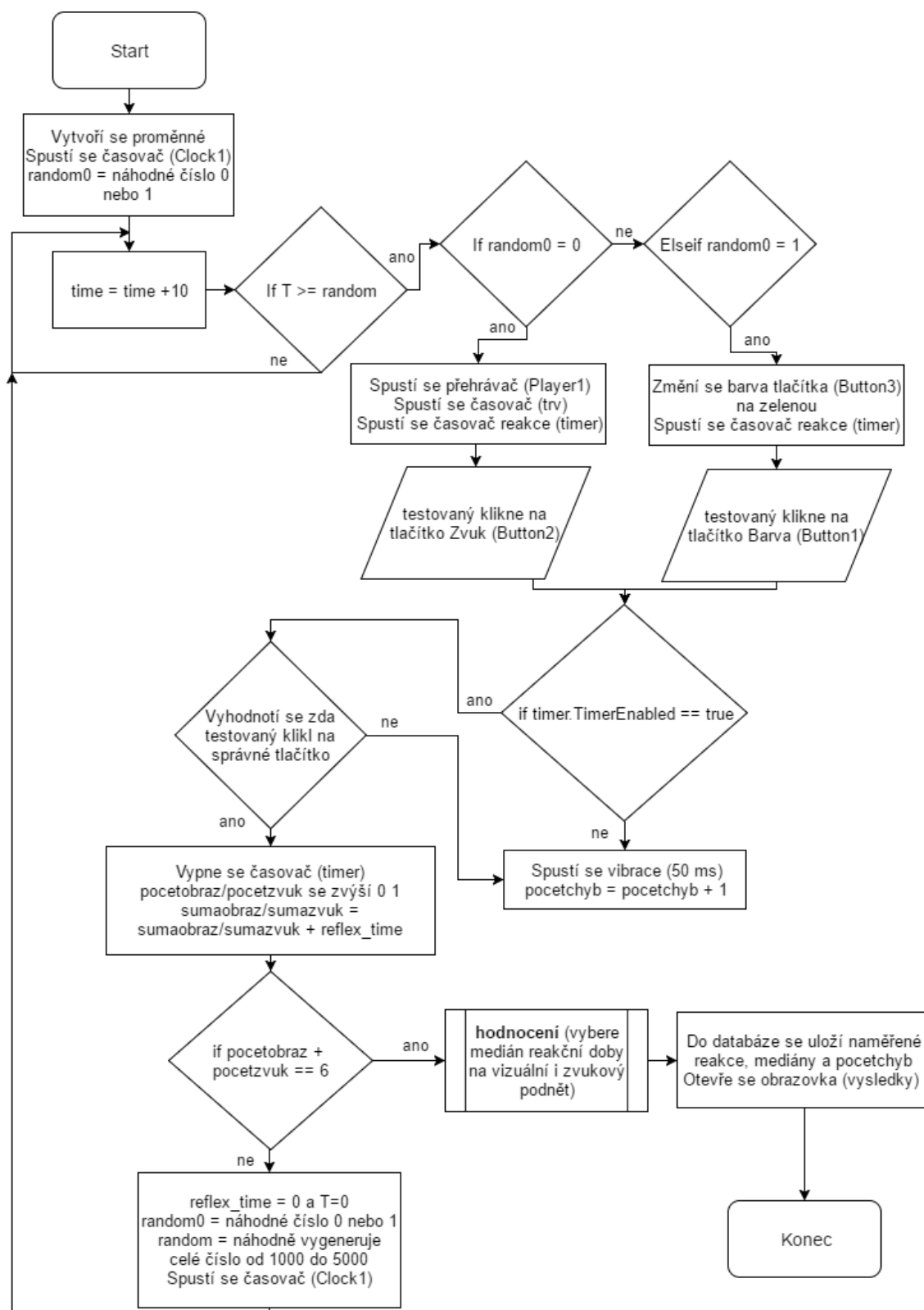
Obrázek 21. Obrazovka s názvem **Screen1** z aplikace **ReflexXx**

Na obrazovce **test** probíhá samotné měření doby výběrové reakce. Vytvoří se globální proměnné. Do proměnné *random0* je vygenerováno náhodné číslo 0 nebo 1, které následně rozhoduje, zda bude stimul zvukový či vizuální. Spustí se časovač **Clock1**. Díky časovači se proměnná *T* zvyšuje o 10 každých 10 ms, dokud nepřesáhne proměnnou *random*, která se nastavuje v rozmezí 1000 až 5000 ms, jakmile ji přesáhne, rozhodne se pomocí procedury **change**, zda *random0* se rovná 0 – spustí se přehrávač **Player1** s přednastavenou hlasitostí 70 % a zároveň se spouští časovač **trv**, kdy délka trvání je univerzálně nastavená na 200 ms, anebo *random0* se rovná 1, pak je změněna barva tlačítka (Button3) na zelenou. V obou případech je spuštěn časovač pro měření reakce **timer**. Testovaný se musí po zaznamenání stimulu rozhodnout, zda byl vizuální (kliká na tlačítko **Barva (Button1)**) nebo zvukový (kliká na tlačítko **Zvuk (Button2)**), viz Obrázek 22. Pokud klikne dříve nebo na špatné tlačítko proměnná *pocetchyb* se zvýší o 1 a zařízení zavibruje. Klikne-li na správné tlačítko je změřená reakční doba uložena do správného seznamu a přičtena k *sumaobraz* v případě vizuálního stimulu nebo k *sumazvuk* v případě zvukového stimulu. Rovněž se zvýší počet konkrétního stimulu o 1. Reakční doba proměnná *reflex_time* je vynulována, stejně tak proměnná *T*. Jelikož je žádané, aby byl stejný počet vizuálních i zvukových

stimulů, tak se nově vygeneruje *random0* v závislosti na počtu stimulů. Je-li *pocetobraz* roven 3 *random0* musí být nutně roven 0 (odpovídá zvukovému stimulu), naopak je-li *pocetzvuk* roven 3 musí *random0* být roven 1. Pokud ani jeden ze stimulů, prozatím neproběhl třikrát je do proměnné *random0* náhodně vygenerováno číslo 0 nebo 1. Až se vygenerují 3 zvukové podněty a 3 vizuální (jejich součet je roven 6), zavolá se procedura **hodnoceni**, která vybere mediány pro oba podněty, poté do databáze **DB** uloží všechny reakční doby, mediány a počet chyb a následně se otevře další obrazovka **vysledky**. Obrázek 23 je vývojovým diagramem této obrazovky a popisuje její fungování, které bylo popsáno výše.



Obrázek 22. Obrazovka s názvem **test** z aplikace **ReflexXx**, bez vizuálního podnětu (vlevo), s vizuálním podnětem (vpravo)



Obrázek 23. Vývojový diagram 2. obrazovky (test) z aplikace **ReflexXx**

V pořadí třetí a poslední obrazovka se jmenuje **vysledky**. Zde jsou zobrazeny všechny 3 reakce na vizuální i zvukový podnět, mediány na oba podněty, také nejlepší předchozí rekordy a počet chyb. Všechny tyto záznamy jsou načítány z databáze **DB**. Dále se zde nachází 2 tlačítka **Nový pokus**, po jehož stisku dojde k přepnutí na úvodní obrazovku **Screen1** a tlačítko **Konec**, které ukončí aplikaci, viz Obrázek 24.



Obrázek 24. Obrazovka s názvem **vysledky** z aplikace **ReflexXx**, po překonání předchozího rekordu (vpravo)

4 MĚŘENÍ REAKCÍ PROBANDŮ

Měření všech probandů bylo testováno zařízením Samsung Galaxy J5, verze Android 5.1.1 a to s jednotnými parametry: maximální jas, hlasitost médií 50 %, uvnitř v budově za nepřítomnosti hluku a přemíry slunečního světla.

Jelikož je zvolen blok when Button.Click, jsou příkazy v tomto bloku provedeny, až v moment oddálení prstu od obrazovky = kliknutí. Všichni testovaní s tím i dalším postupem měření byly předem obeznámeni, a tudíž to neovlivňuje výslednou statistiku.

Měření probíhalo postupně podle protokolu, viz Obrázek 25. Nejdříve byl proband otestován na všechny 3 aplikace a taktéž na vliv intenzity zvukového podnětu. Poté byl vyzván, aby si natrénovával aplikaci na vizuální podnět (RefleXColor) čtyřmi pokusy a totéž s aplikací na zvukový podnět (RefleXSound). V obou aplikacích si mohl nastavovat libovolné parametry stimulů. Aplikaci na výběrovou reakci si testovaný netrénovával, aby neodhalil, že počet obou podnětů je vždy roven třem, což by mohlo ovlivnit jeho následující měření. Po ukončení trénování, proběhlo opět měření ve všech aplikacích, tentokrát už bez vlivu intenzity zvukového podnětu.

Testovaní jedinci byli rozděleni do 4 skupin, v každé skupině bylo 10 probandů:

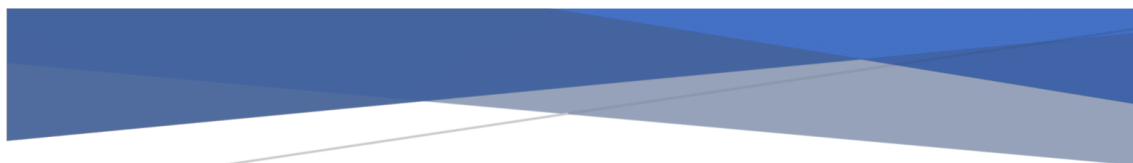
Skupina A byli muži 21-25 let s věkovým průměrem 22,4. V této skupině se nacházelo 5 probandů, kteří mají maturitu a dále nestudují a 5 probandů, kteří studují nebo mají vysokoškolské vzdělání. Čtyři probandi se považují za hráče postřehových her.

Skupina B je tvořena muži 60-73 let s věkovým průměrem 63,7. V této skupině se nacházelo 5 probandů se základním vzděláním a výučním listem, 3 probandi s maturitou a 2 s dosaženým vysokoškolským vzděláním. Z této skupiny nikdo nehraje postřehové hry.

Skupina C byly ženy 20-25 let s věkovým průměrem 22,8. V této skupině se nacházela 1 probandka se základním vzděláním, 1 studující vyšší odbornou školu, 2 s maturitou, které dále nestudují a 6, které studují nebo mají vysokoškolské vzdělání. Žádná z žen se nepovažuje za hráčku postřehových her.

Skupina D je tvořena ženami ve věku 60-70 let s věkovým průměrem 63,7. Ve skupině se nacházela 1 probandka se základním vzděláním, 4 se základním vzděláním a výučním listem, 4 s maturitou a 1 s vysokoškolským vzděláním. Žádná z těchto žen nehraje postřehové hry.

4.1 Protokol měření



Protokol – Měření reakční doby člověka

Vykydal Václav BTBIO

Věk Pohlaví Čas

Barvy

	1. pokus [ms]	po tréninku [ms]
bílá		
červená		
modrá		
zelená		

Frekvence

	1. pokus [ms]	po tréninku [ms]
500 Hz		
4500 Hz		
8000 Hz		

Intenzita

hlasitost	1. pokus [ms]
20 %	
45 %	
70 %	

Výběrová reakce

	1. pokus [ms]	po tréninku [ms]
obraz		
zvuk		
počet chyb		

Hráváte postřehové hry?

ano / ne

Obrázek 25. Protokol měření reakční doby člověka

4.2 Naměřená data

Jak již bylo zmíněno výše v této práci je z cílové populace vybrán vzorek probandů ze 4 skupin. V každé skupině je 10 testovaných osob. U všech jedinců byl vypočten průměr jejich reakční doby dle vzorce (1) a směrodatná odchylka (σ) dle vzorce (2). Zároveň byl průměr vypočtený i pro jednotlivé barvy, frekvence atd. [23]

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

kde \bar{x} je průměr, n je počet prvků a x_i je aktuální prvek výběru.

$$Var(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2, \quad (2)$$

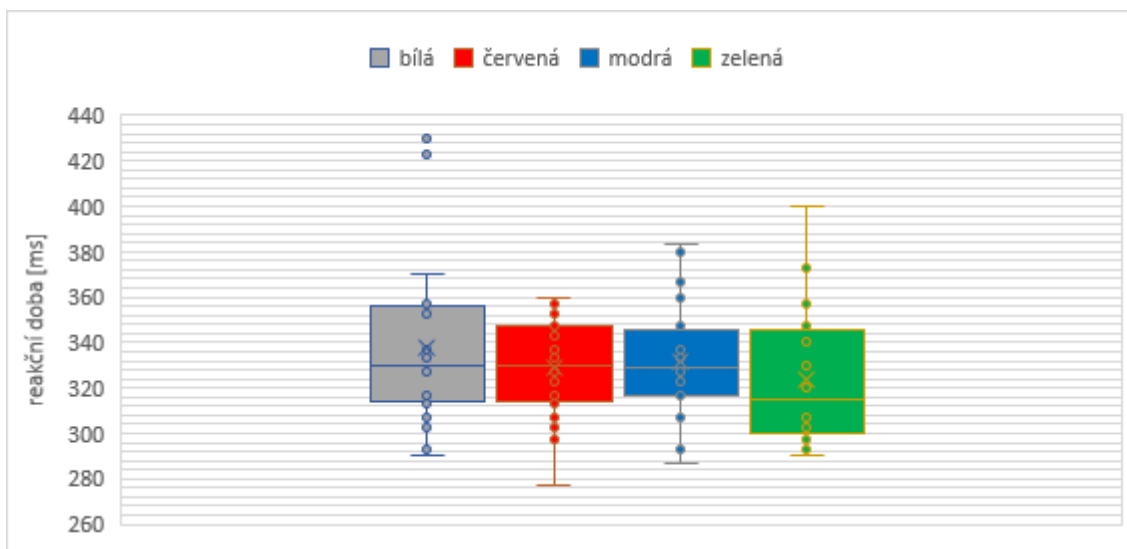
kde $var(x)$ je směrodatná odchylka(σ) výběru, n je počet prvků, x_i je aktuální prvek a \bar{x} je průměr

Pro lepší názornost jsou naměřená data zobrazena graficky pomocí krabicových grafů (boxplotů), někdy též nazývaných krabicové diagramy. Z těchto grafů lze vyčíst několik ukazatelů. Horizontální čára představuje rozsah hodnot, která je shora ohraničena vodorovnou úsečkou – maximem a dole minimem. Samotný box (krabice) je ohraničen dole prvním kvantilem a nahoře 3. kvantilem. Kvantily dělí data na části, které jsou přibližně stejně velké. Mezi těmito dvěma hodnotami je box rozdělen úsečkou, která vyjadřuje medián (střední hodnotu výběru). V grafu lze vidět i jednotlivé body, které odpovídají naměřeným hodnotám a některé nespádají mezi hranice maxima a minima, jedná se o odlehlé hodnoty (extrémy). Mezi těmito body je i křížek X, který představuje průměr dat a v normálním rozložení by se neměl odlišovat od mediánu o více než 10 %. [24]

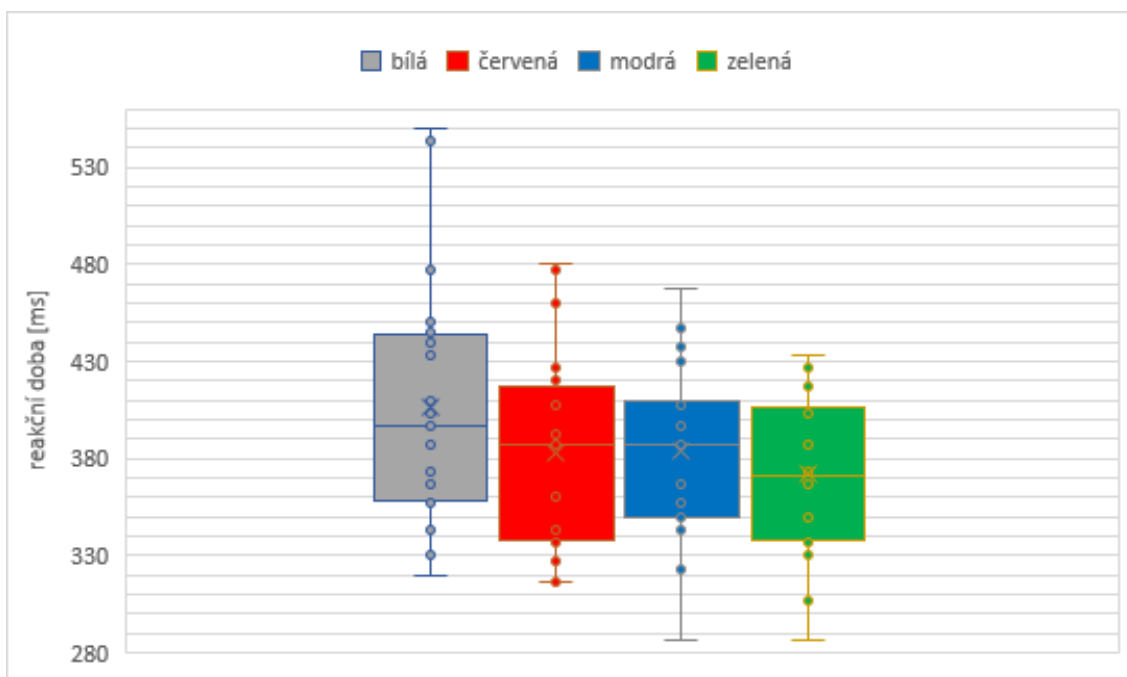
Jednoduchá reakce na vizuální podnět

Rozsah reakční doby skupiny A je 277–430 ms (viz Tabulka 2). U bílé barvy se nachází 2 odlehlé hodnoty (viz Obrázek 26). Rozsah reakční doby u skupiny B je 287–550 ms (viz Tabulka 3) a všechny hodnoty leží v mezích boxplotu, ovšem s větším rozptylem než u předchozí skupiny (viz Obrázek 27). Rozsah reakční doby skupiny C činí 323–533 ms (viz Tabulka 4). U této skupiny se nachází některé extrémy na červenou barvu (viz Obrázek 28). Na rozdíl od ostatních skupin se u skupiny C průměr po tréninku zhoršil o 8,15 ms. Ve skupině D je rozsah hodnot daleko větší 340–700 ms hlavně kvůli 3 extrémním hodnotám nad 600 ms, které vznikly špatným držetím

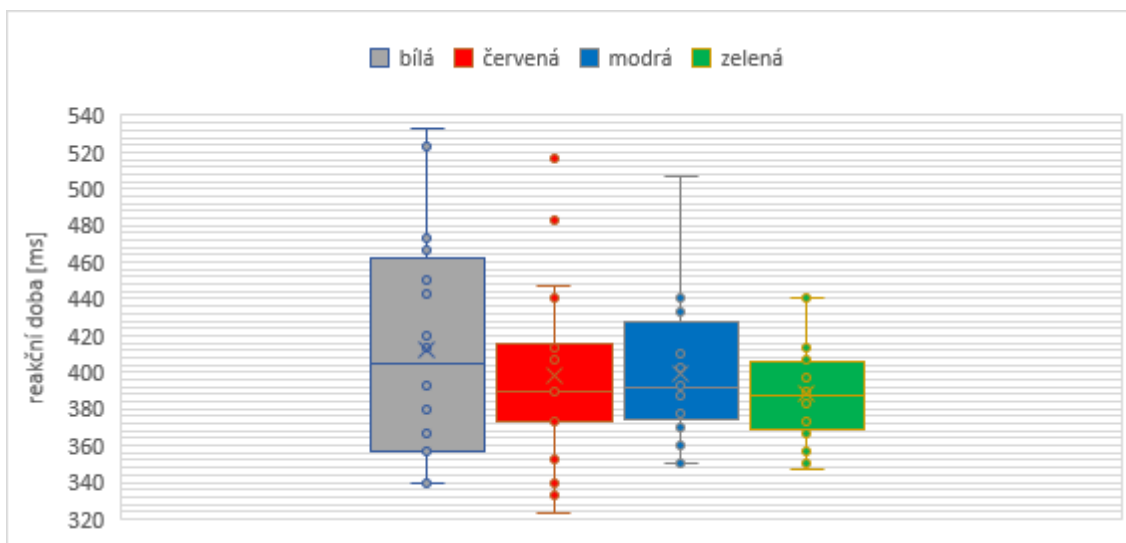
telefonu nebo moc velkou vzdáleností prstu od obrazovky (viz Tabulka 5). Odlehlé extrémy má skupina D i na ostatní barvy, což je vidět na Obrázek 29.



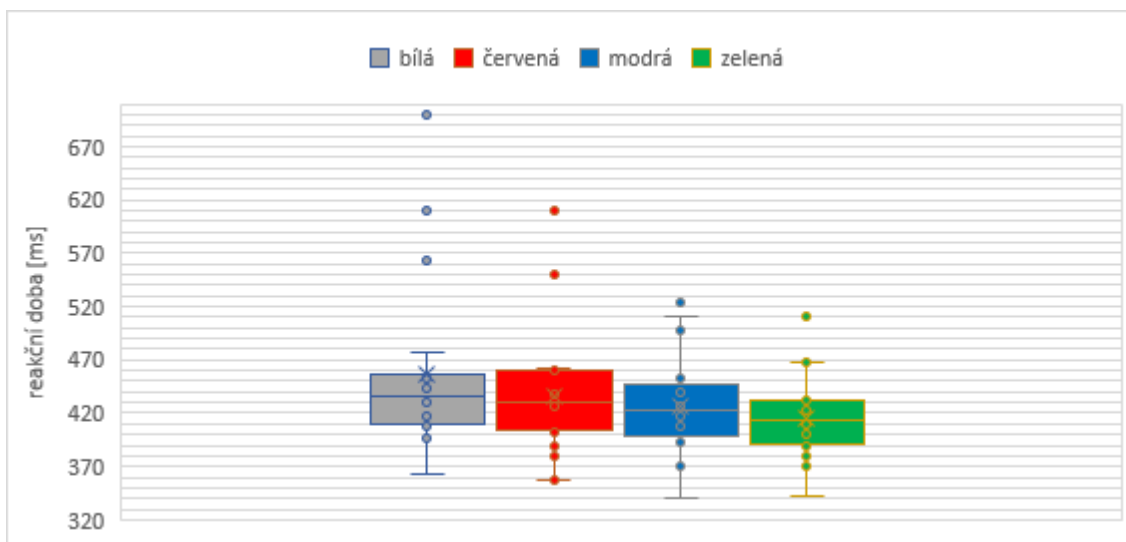
Obrázek 26. Krabicový graf, reakce na vizuální podnět, skupina A



Obrázek 27. Krabicový graf, reakce na vizuální podnět, skupina B



Obrázek 28. Krabicový graf, reakce na vizuální podnět, skupina C



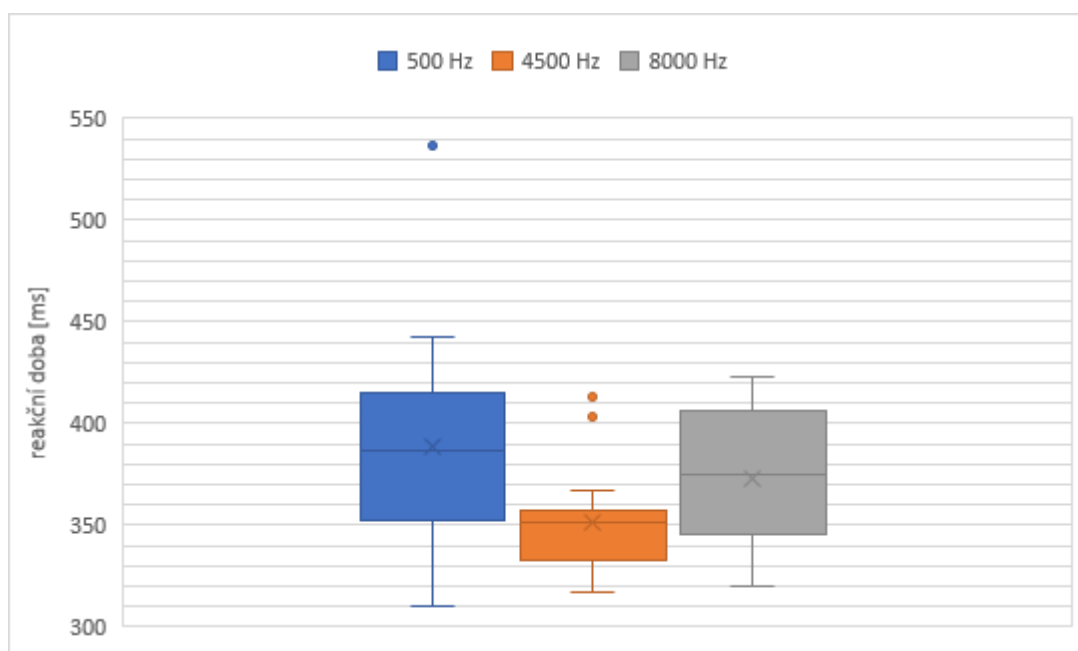
Obrázek 29 Krabicový graf, reakce na vizuální podnět, skupina D

Jednoduchá reakce na zvukový podnět

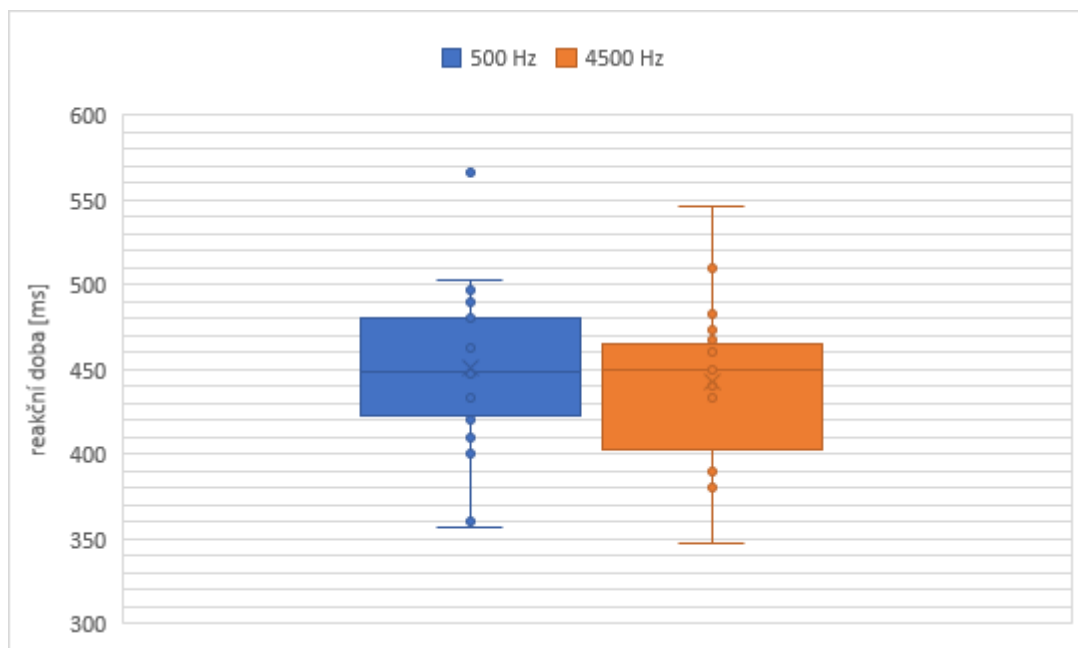
Na rozdíl od reakce na vizuální podnět se reakční doba na zvukový podnět u všech skupin zhoršila průměrně o 10-70 ms. U Starších probandů je zhoršení větší kvůli zhoršenému sluchu. Zpomalení reakcí je způsobeno rychlostí šíření zvuku, která byla v měřených podmínkách přibližně 340 m/s. Když vezmeme v potaz, že testovaný držel telefon 34 cm od svého ucha, tak 10 ms trvá, než zvuk podráždí bubínek. Tenhle problém by se dal vyřešit použitím sluchátek spojených s telefonem. Další důvod prodloužení reakční doby mohlo být registrování podnětu. Světlo je mnohonásobně rychlejší podnět a je okamžitě zaregistrován, ale v případě tónu, který trvá 200 ms je

těžké zaregistrovat v prvních 5 ms, jakmile stimul přišel.

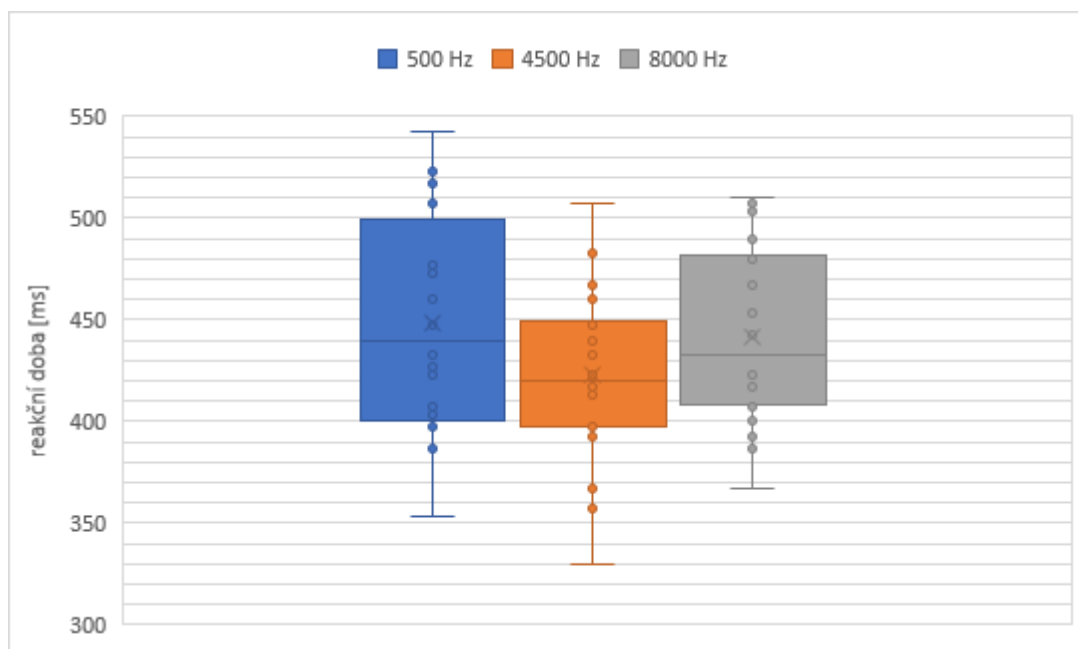
Parametry zvukového stimulu pro měření vlivu frekvencí byly pro všechny jednotné. Intenzita neboli hlasitost aplikace 70 % a délka trvání stimulu 200 ms. Rozsah hodnot skupiny A je 310-537 ms (viz Tabulka 6), některé hodnoty jsou však odlehlé (viz Obrázek 30). U skupiny B (starších mužů) a D (starších žen) se projevil očekávaný zhoršený sluch na vyšší frekvence. Někteří frekvenci 8000 Hz vůbec nebyli schopni zaznamenat (viz červeně podbarvené hodnoty v Tabulka 7 a v Tabulka 9). Z tohoto důvodu jim bylo řečeno, ať klikají každé 4 sekundy. Jejich výsledky nemohou být použity do následné statistiky, jelikož by ji nechtěně zkreslovaly. Do výsledného průměru a směrodatné odchylky jedince a průměru reakční doby na 8000 Hz nejsou tyto extrémy zahrnuty. Na Obrázek 31 lze vidět asymetrické rozložení reakcí na ostatní frekvence u skupiny B. Rozsah hodnot skupiny C je 330-543 ms (viz Tabulka 8 a Obrázek 32). U skupiny D, je i po odstranění dat 8000 Hz vidět extrémy u ostatních dvou frekvencí (viz Obrázek 33)



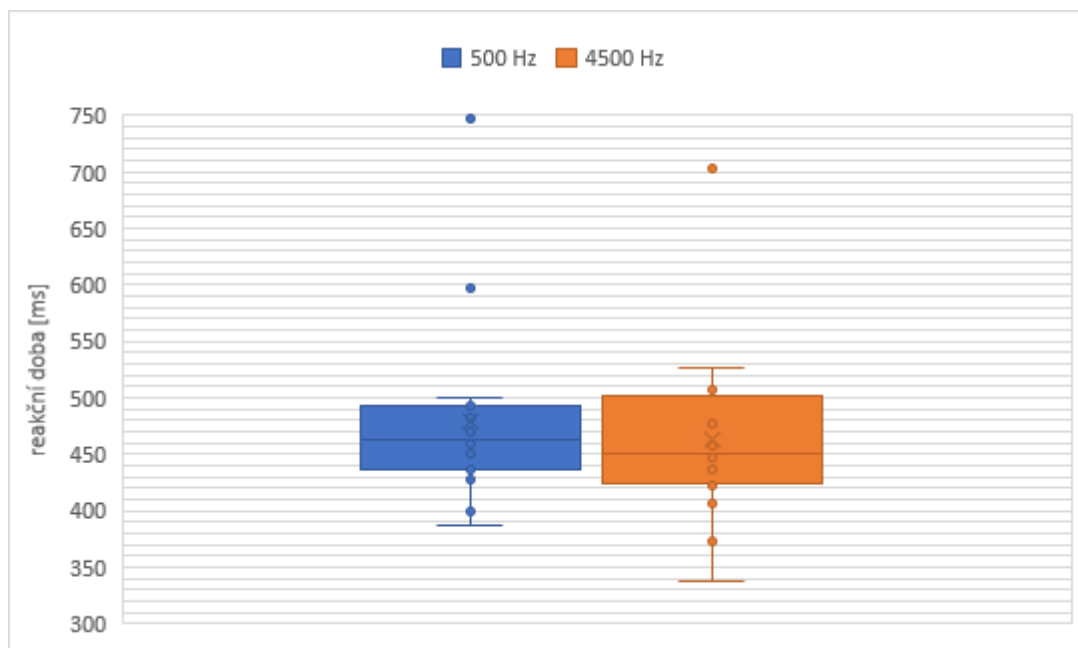
Obrázek 30. Krabicový graf, vliv frekvence na reakční dobu, skupina A



Obrázek 31. Krabicový graf, vliv frekvence na reakční dobu, skupina B



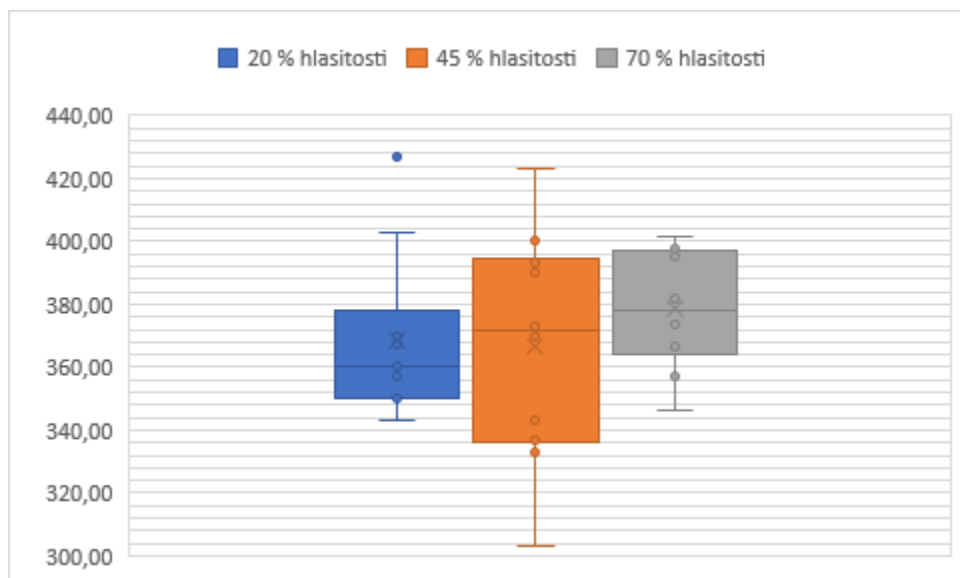
Obrázek 32. Krabicový graf, vliv frekvence na reakční dobu, skupina C



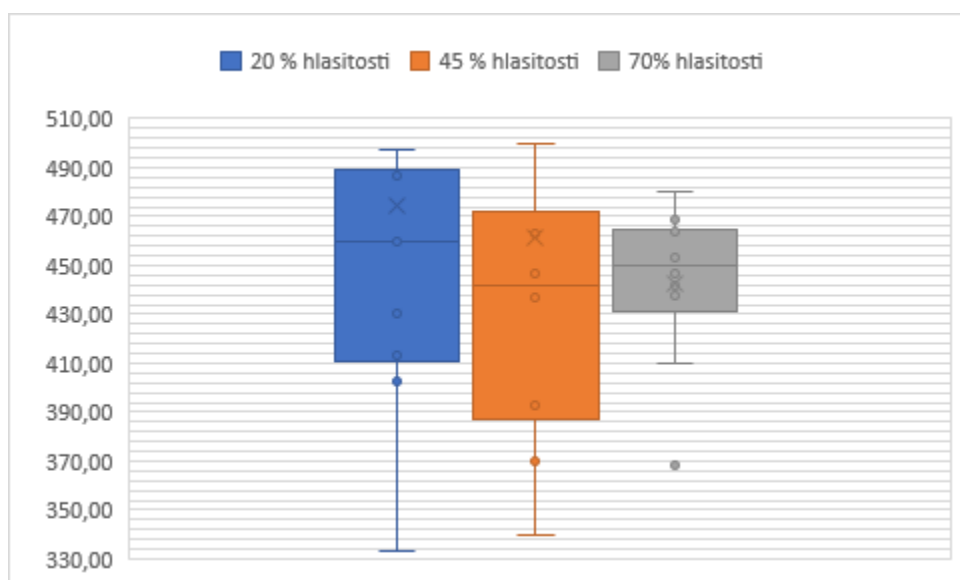
Obrázek 33. Krabicový graf, vliv frekvence na reakční dobu, skupina D

Testování reakční doby na zvukový podnět – vliv intenzity (hlasitosti) stimulu

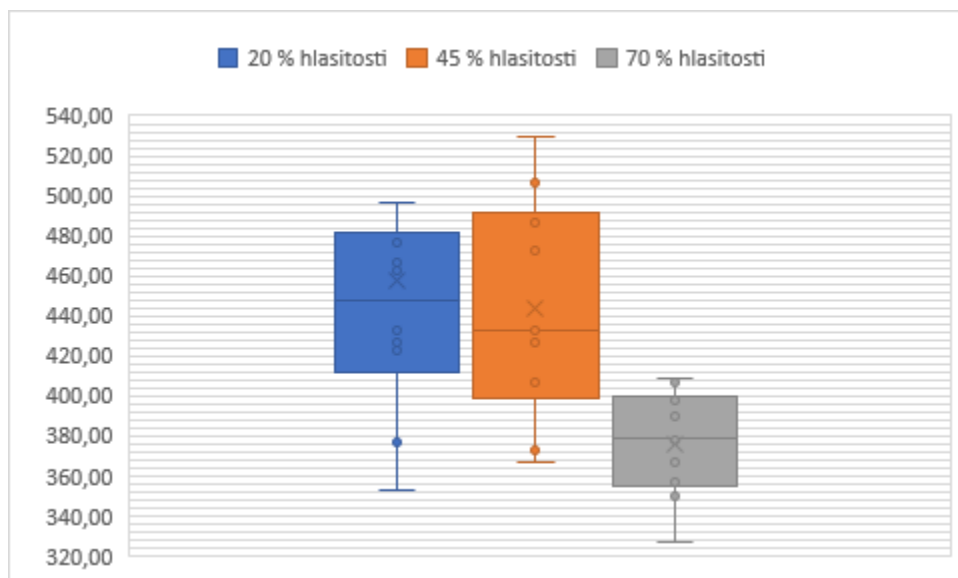
Intenzita byla testována na frekvenci 4500 Hz, která je v dobře slyšitelném pásmu (1-5 kHz). Díky tomu i starší lidé neměli s menší hlasitostí problémy. Ovšem můžeme si všimnout, že průměry při jednotlivých intenzitách se dosti liší obzvláště u skupin B, C a D, které mají průměry reakční doby na nejnižší intenzitu (20 %) o 10-80 ms horší oproti nejvyšší intenzitě (70 %), viz Tabulka 11, Tabulka 12, Tabulka 13. Zajímavé je že u skupiny A je opačný trend, viz Tabulka 10. U skupiny C jde na Obrázek 36 vidět velký rozdíl mezi intenzitou 70 % a ostatními dvěma. U ostatních skupin, tak velký rozdíl mezi jednotlivými intenzitami není (viz Obrázek 34, Obrázek 35, Obrázek 37). Vliv intenzity bude ověřen následnou statistikou.



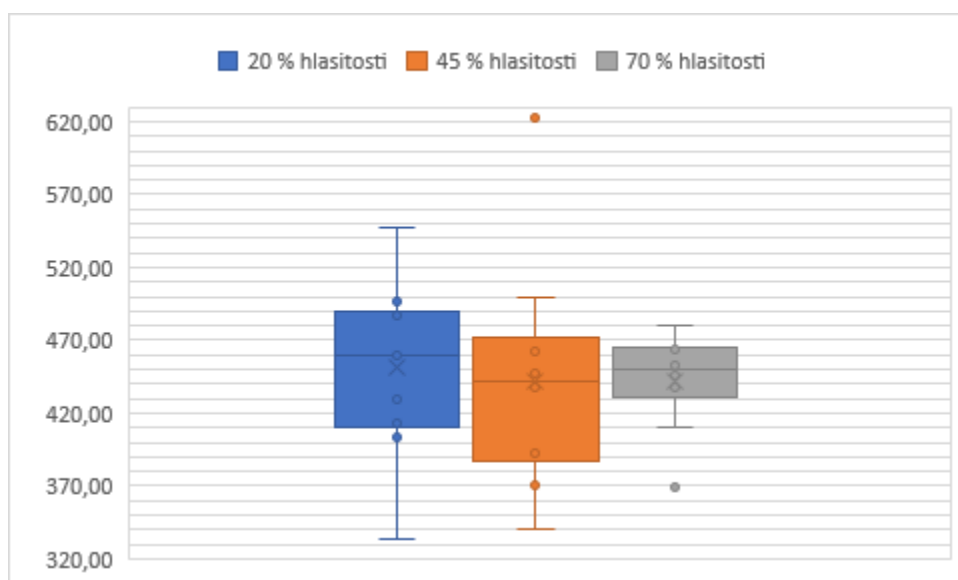
Obrázek 34. Krabicový graf, vliv intenzity zvukového podnětu, skupina A



Obrázek 35. Krabicový graf, vliv intenzity zvukového podnětu, skupina B



Obrázek 36. Krabicový graf, vliv intenzity zvukového podnětu, skupina C



Obrázek 37. Krabicový graf, vliv intenzity zvukového podnětu, skupina D

Výběrová reakce

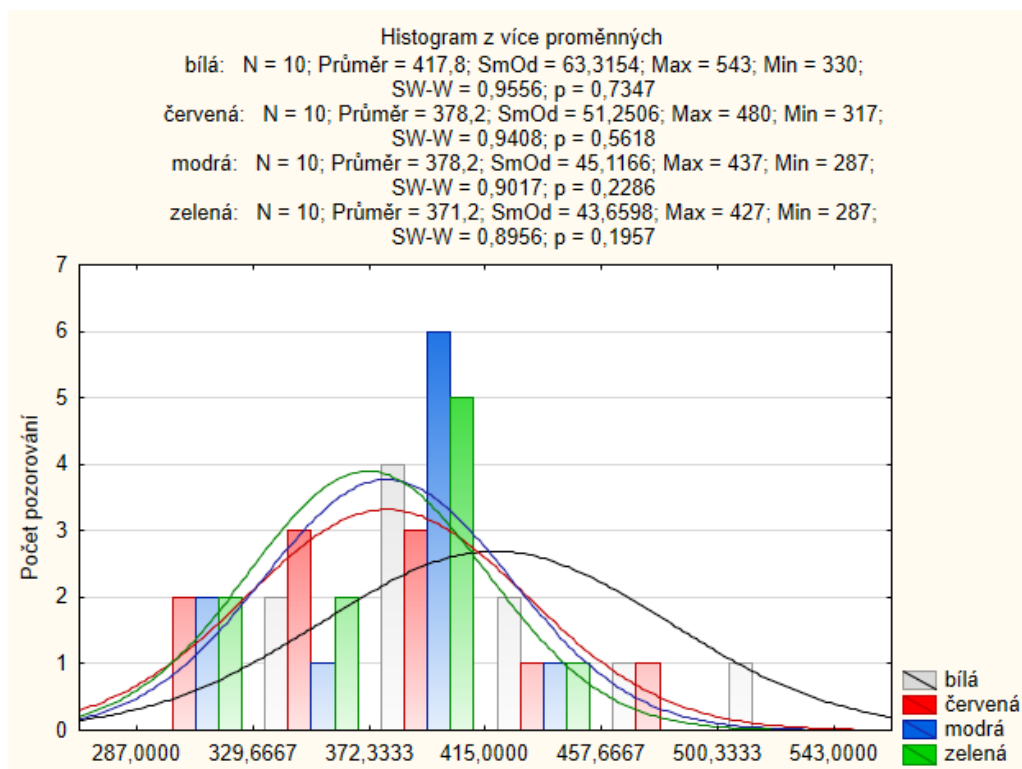
Ve výběrové reakci byly změřeny celkem 3 reakční doby na oba podněty a vybrána byla prostřední z nich (medián). U skupiny A (mužů 21-25 let) byl rozsah mediánů na vizuální podnět 160-450 ms a mediánů na zvukový podnět 270-570 ms, průměrný počet chyb byl 0,55 chyb na osobu (viz Tabulka 14). U skupiny B (mužů 60-73 let) byl rozsah mediánů na vizuální podnět 230-730 ms a mediánů na zvukový podnět 380-800 ms, průměrný počet chyb byl 0,55 chyb na osobu (viz Tabulka 15). U skupiny C (žen 20-25 let) byl rozsah mediánů na vizuální podnět 230-490 ms a mediánů na

zvukový podnět 300-310 ms, průměrný počet chyb byl 0,6 chyb na osobu (viz Tabulka 16). U poslední skupiny D (žen 60-70 let) byl rozsah mediánů na vizuální podnět 230-860 ms a mediánů na zvukový podnět 300-1210 ms, (jedná se o extrémní hodnotu, všechny ostatní reakce na zvukový podnět byly menší než 850 ms), průměrný počet chyb byl 0,75 chyb na osobu (viz Tabulka 17).

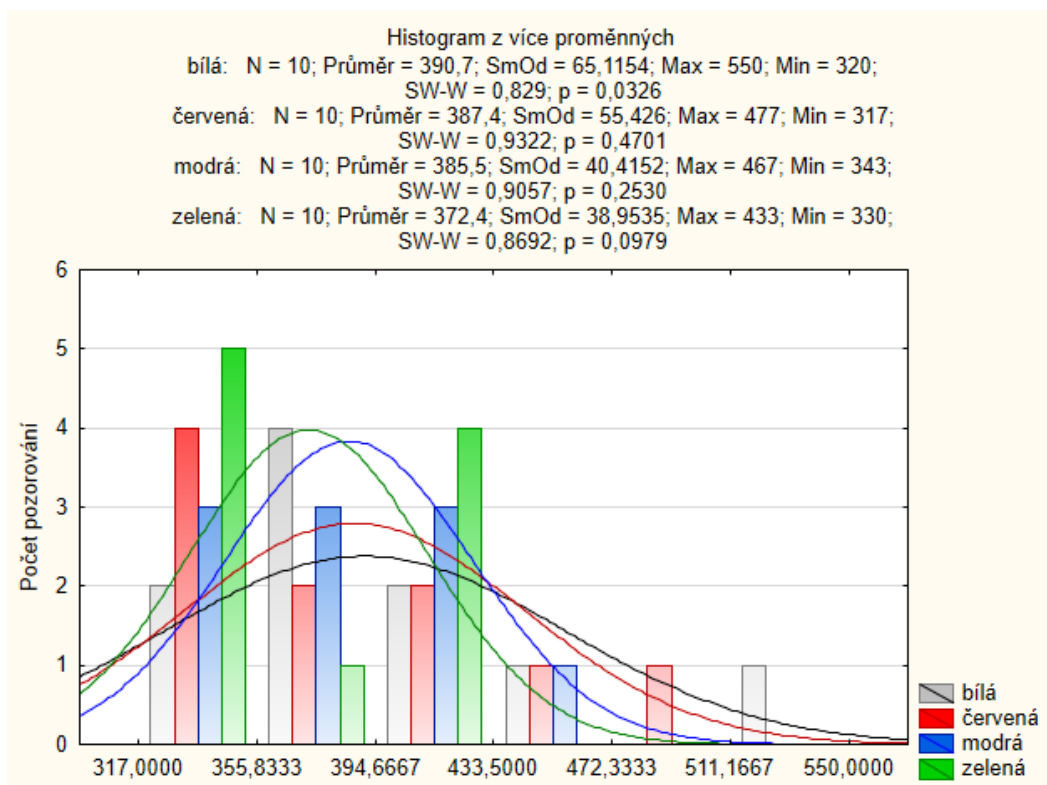
5 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ

Veškerá statistická analýza je dělána v softwaru STATISTICA 12. Nejprve je zapotřebí základní popisnou statistikou zjistit, zda se jedná o homogenní data, tedy data s normálním (symetrickým) rozložením. Jelikož chybí vzorek populace mezi 26-59 lety budou všechny skupiny na homogenitu testovány zvlášť, a to i z důvodu, že mezi muži a ženami jsou v reakční době rozdíly. Normální rozdělení se testuje graficky pomocí histogramů, Q-Q grafů případně P-P grafů. V souboru skupin s málo daty, což je případ v téhle práci lze použít Shapiro-Wilkův výpočetní test homogenity, pokud je hodnota p v tomto testu větší než 0,05 normální rozložení se nezamítá. [24]

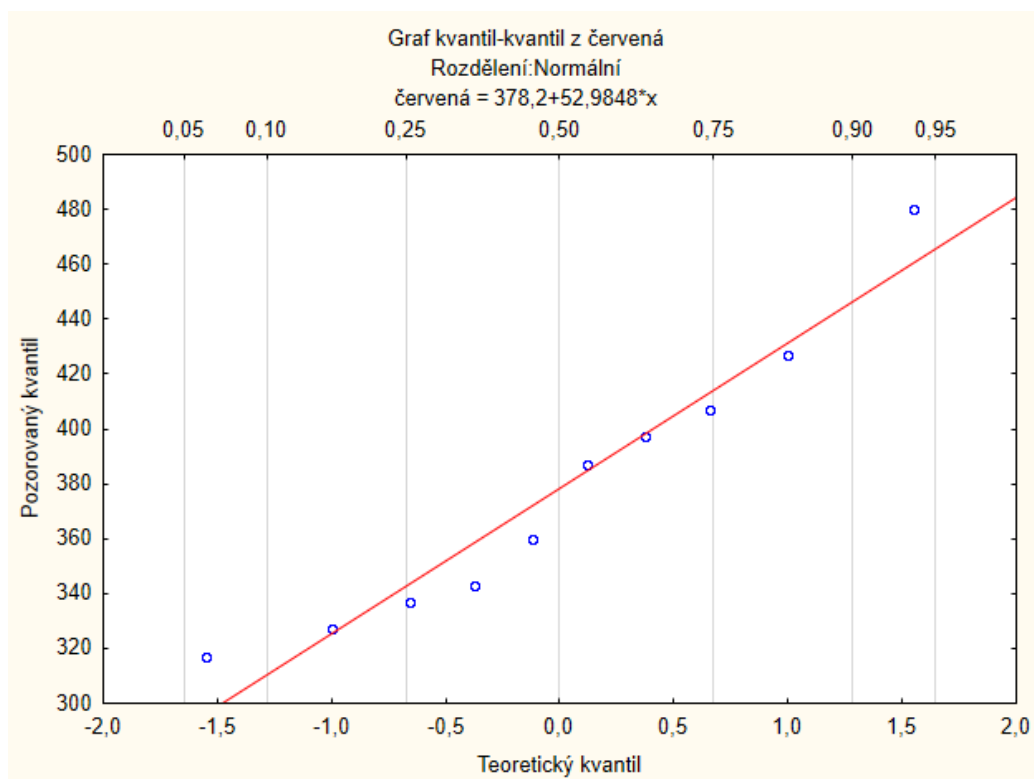
Jelikož by v této práci bylo uvedeno mnoho grafů, pro ukázkou je zde normalita testována pouze pro skupinu B (mužů 60-73 let). Obrázek 38 ukazuje normální rozložení pro všechny 4 barvy, nejhorší hodnotu $p=0,1957$ vykazuje reakční doba na zelenou barvu. Na Obrázek 39 lze vidět, že po tréninku se asymetrie dat mírně zvýšila, hlavně pro bílou ($p=0,0326$) a zelenou ($p=0,0979$) barvu. Přestože pro bílou barvu vyšla nízká hodnota, normální rozložení nezamítáme, jelikož je to způsobeno extrémem (viz Tabulka 3). Obrázek 40 je Q-Q grafem pro červenou barvu, kde se všechny body nacházejí v okolí přímky, což odpovídá normálnímu rozložení.



Obrázek 38. Histogram skup. muži 60-73 let - 1. pokus

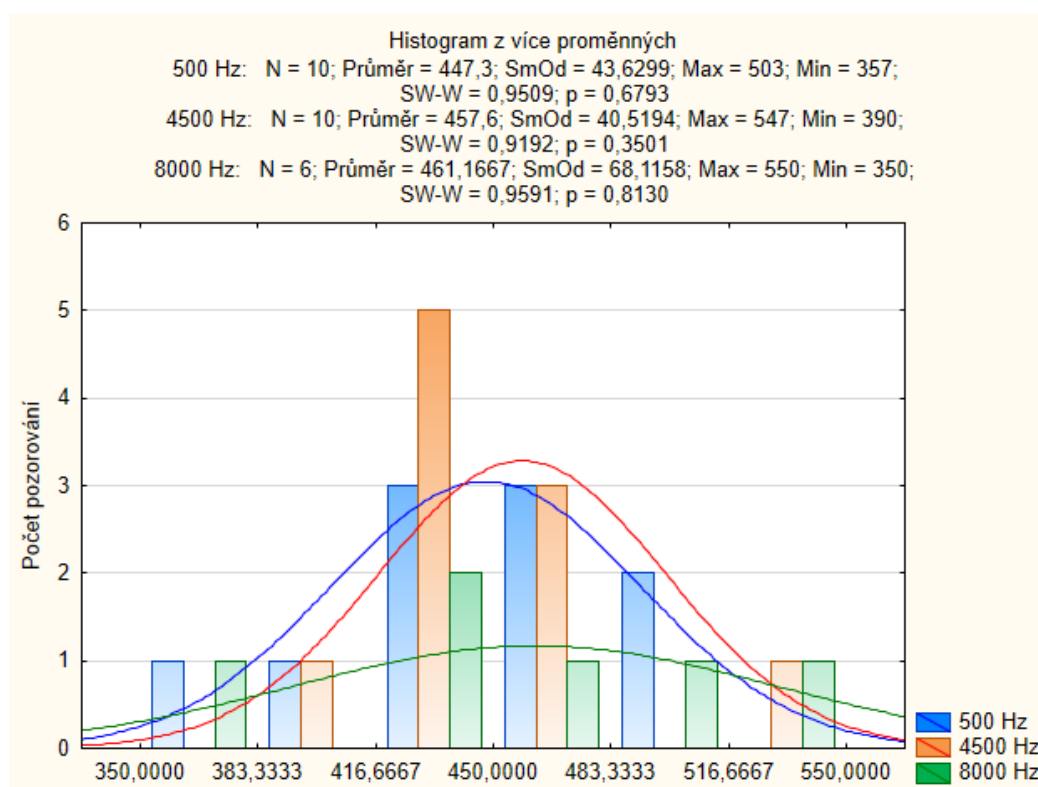


Obrázek 39. Histogram skup. muži 60-73 let – po tréninku

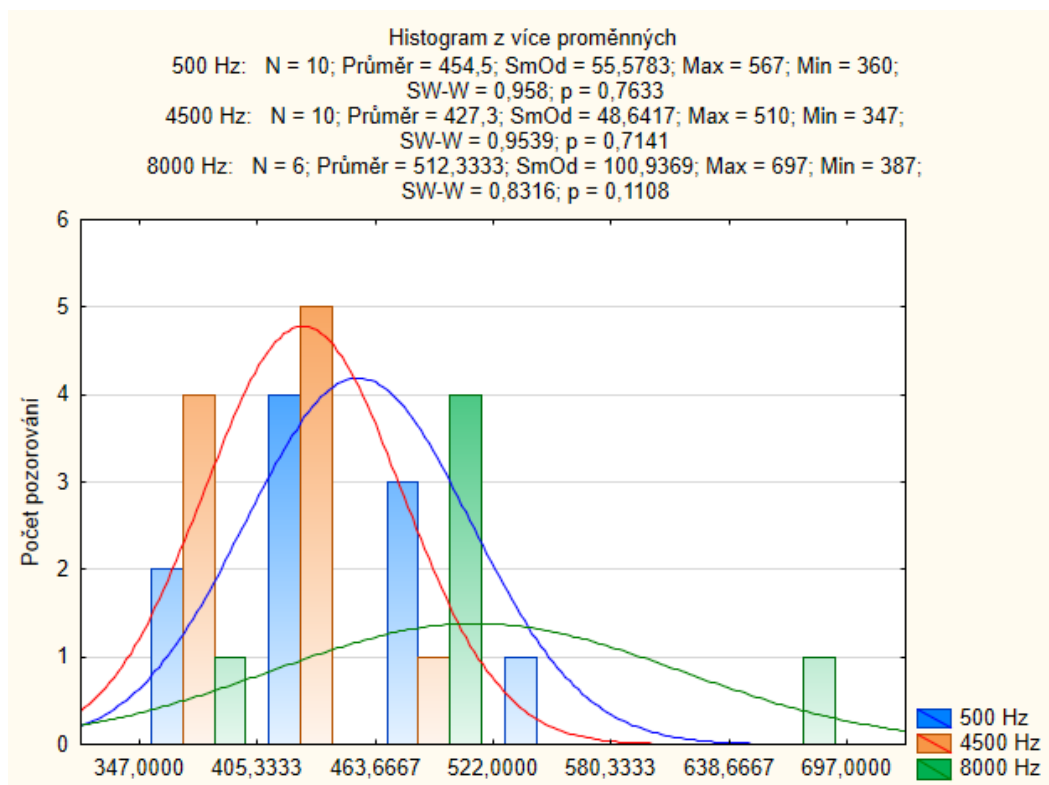


Obrázek 40. Graf Q-Q skup. muži 60-73 let – červená barva (1. pokus)

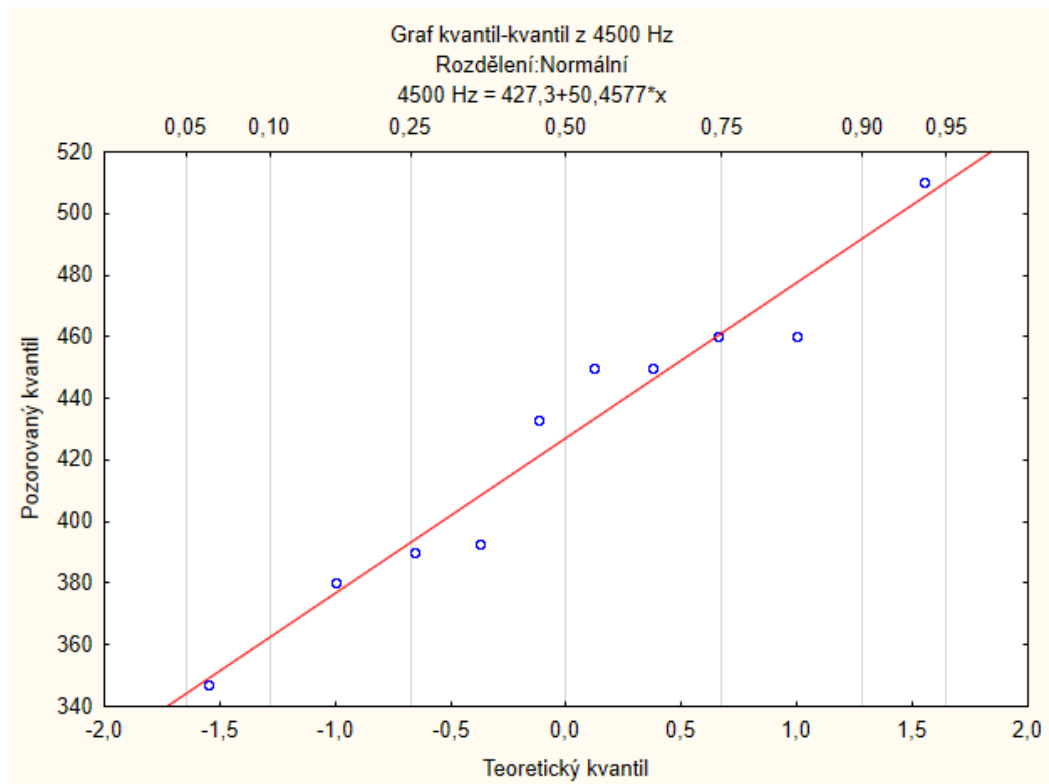
Jak již bylo zmíněno výše, starší lidé měli zhoršený sluch a někteří probandi neslyšeli frekvenci 8000 Hz (viz červené hodnoty v Tabulka 7 a Tabulka 9), proto jsou tyto hodnoty ze statistické analýzy odstraněny ve fázi čištění dat, až poté lze testovat normalitu. Obrázek 41 ukazuje normální rozložení pro všechny frekvence a nejhorší hodnotu $p=0,35$ vykazuje pro 4500 Hz. Na Obrázek 42 jsou histogramy po tréninku. Pro frekvenci 8000 Hz vyšla p hodnota pouze 0,11, což je ovšem způsobeno extrémní hodnotou 697 (viz Tabulka 7). Obrázek 43 je Q-Q grafem pro frekvenci 4500 Hz. Všechny body se nachází v okolí přímky, což potvrzuje normální rozložení. Pro frekvenci 8000 Hz vychází horší výsledky kvůli nedostatku hodnot, ovšem pokud by bylo testovaných osob více reakční doba na vizuální i zvukové podněty by dosáhla normálního rozložení.



Obrázek 41. Histogram frekvencí skup. Muži 60-73 let, 1. pokus



Obrázek 42. Histogram frekvencí skup. muži 60-73 let, po tréninku



Obrázek 43. Graf Q-Q skup. muži 60-73 let – frekvence 4500 Hz (po tréninku)

Pro následné testování byly stanoveny tyto hypotézy:

Nulová hypotéza H_0 = rozdíl mezi skupinami je nulový

Alternativní hypotéza H_A = jednotlivé skupiny se liší

Byl použit oboustranný (two-tailed) test, všechny statistiky jsou testovány s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$ (tzn., že připouštíme 5 % chybu testu, tedy, že zamítáme H_0 , i když ve skutečnosti platí). Statistika je provedena parametrickým testem, který předpokládá normalitu dat.

5.1 Statistická analýza reakční doby na vizuální podnět

Vliv barev na reakční dobu člověka

Pro statistické testování byl zvolen dvouvýběrový nepárový t-test. Nejnižší p hodnota pro skupinu A mladých mužů vyšla 0,13 mezi bílou a zelenou barvou na 1. pokus (viz Tabulka 1 – přílohy na CD) a po tréninku 0,67 (viz Tabulka 2 – přílohy na CD). Při 1. pokusu skupiny B starších mužů, vyšla nejnižší hodnota 0,07 opět mezi barvami bílá a zelená (viz Tabulka 3 – přílohy na CD) a po tréninku 0,46 (viz Tabulka 4 – přílohy na CD). Při 1. pokusu u skupiny C mladých žen se hodnota p rovnala 0,094 mezi bílou a červenou, bílá a zelená byla jen nepatrně vyšší 0,099 (viz Tabulka 5 – přílohy na CD), po tréninku je nejnižší p hodnota mezi barvami modrá a zelená a to 0,24 (viz Tabulka 6 – přílohy na CD). U skupiny D starších žen se při 1. pokusu p hodnota rovnala 0,23 opět mezi bílou a zelenou (viz Tabulka 7 – přílohy na CD) a po tréninku 0,21 pro barvy zelená a červená (viz Tabulka 8 – přílohy na CD). Z těchto výsledků je patrné, že mezi bílou a zelenou byl největší rozdíl, což je to způsobeno tím, že bílá barva byla první měřenou barvou a v těchto datech leží extrémy, oproti tomu zelená byla poslední barvou, takže testovaný už byl lépe seznámen s aplikací a měl natrénováno. U všech případů vyšla p hodnota větší než 0,05, takže na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ nulovou hypotézu nezamítáme. **Ani v jedné ze skupiny tedy nebylo potvrzeno, že by barvy měly vliv na reakční dobu člověka.**

Vliv tréninku na reakční dobu člověka

Pro statistické testování byl zvolen dvouvýběrový párový t-test, jelikož se jedná o změnu daného jedince. U skupiny A mladých mužů vyšla nejnižší hodnota 0,13 mezi bílou a červenou barvou (viz Tabulka 9 – přílohy na CD). U skupiny B starších mužů vyšla p hodnota 0,027 mezi bílou a zelenou, u všech ostatních barev vyšla p hodnota větší než 0,14 (viz Tabulka 10 – přílohy na CD). U skupiny C mladých žen vyšla nejnižší p hodnota 0,12 (viz Tabulka 11 – přílohy na CD) a u poslední skupiny vyšla

p hodnota nejnižší 0,0088 mezi barvami zelenou a bílou, rozdíl nebyl ani mezi barvami bílou a modrou $p=0,049$ (viz Tabulka 12 – přílohy na CD). Jelikož ve všech výsledcích vyšlo pouze 5 hodnot menších než 0,05, dá se předpokládat, že šlo pouze o náhodu způsobenou malým množstvím naměřených dat. Nulovou hypotézu nezamítáme. **Nebylo tedy potvrzeno, že by trénink měl vliv na reakční dobu člověka.** Trénink by bylo zapotřebí provádět ideálně dlouhodobě nebo při nejmenším trénovat delší dobu, než bylo v této práci možné.

Vliv věku na reakční dobu

Vliv věku je opět testován dvouvýběrovým nepárovým t-testem. U mužů na 1. pokus byly p hodnoty nižší než 0,05 mimo bílou barvu u mladých porovnávanou vůči třem ostatním barvám (červená, modrá i zelená) u starších mužů. Zde byla p hodnota 0,164-0,275 (viz Tabulka 13 – přílohy na CD), ale po tréninku již všechny hodnoty byly menší než 0,05 (viz Tabulka 14 – přílohy na CD). Je tedy pravděpodobné, že **u mužů se s věkem reakční doba zhoršuje** a nulovou hypotézu tedy zamítáme.

U žen je situace zajímavější, jelikož mezi skupinami mladých a starých žen (skupiny C a D), tak velké rozdíly nejsou. U žen na 1. pokus byly rozdílné pouze barvy červená, modrá a zelená u mladých v porovnání proti bílé u starších s hodnotami 0,017-0,021, ale jinak všechny p hodnoty jsou vyšší než 0,05 (viz Tabulka 15 – přílohy na CD). Po tréninku se lišily jen zelená barva u mladých proti červené a modré barvě u starších s hodnotami 0,016 a 0,021, ostatní hodnoty se statisticky nelišily (viz Tabulka 16 – přílohy na CD). **Z tohoto závěru je nutné vyvodit, že nulovou hypotézu nelze zamítnout, a tedy nebylo potvrzeno, že u žen má věk vliv na reakční dobu** nebo jsou p hodnoty větší než 0,05 způsobeny náhodou nebo malým počtem testovaných osob.

Vliv pohlaví na reakční dobu

Zde jsou porovnávány skupiny mladých a starých probandů zvlášť, a to jak po tréninku, tak před ním. Testování je prováděno dvouvýběrovým nepárovým t-testem. U skupin A a C (mladých probandů) při 1. pokusu vyšla pouze jedna hodnota větší než 0,05 a to 0,084 mezi bílou a červenou barvou (viz Tabulka 17 – přílohy na CD). Po tréninku p hodnota nepřesáhla hodnotu větší než 0,0019 (viz Tabulka 18 – přílohy na CD). Z toho vyplývá, že přijímáme alternativní hypotézu a rozdíl mezi skupinami není nulový – pravděpodobně **pohlaví má vliv na reakční dobu mladých lidí.**

U skupiny B a D (starších probandů) to tak jednoznačné není. Zde při 1. pokusu bylo p hodnot menších než 0,05 pouze 5 a větších 11 (viz Tabulka 19 – přílohy na CD). Po tréninku p hodnot menších než 0,05 bylo 6 a větších 10 (viz Tabulka 20 – přílohy na CD), takže v tomto případě nulovou hypotézu zamítnout nelze, ale nelze ji ani přijmout.

Vliv mezi pohlavími se pravděpodobně s věkem snižuje, ale pravděpodobněji je výsledek ovlivněn malým počtem testovaných osob.

5.2 Statistická analýza reakční doby na zvukový podnět

Vliv frekvencí na reakční dobu

Pro statistické testování byl zvolen dvouvýběrový nepárový t-test. Nejnižší p hodnota pro skupinu A mladých mužů vyšla 0,33 na 1. pokus (viz tabulka 21 – přílohy na CD) a po tréninku vyšla 0,00049 mezi 500 Hz a 4500 Hz a 0,0014 mezi 8000 Hz a 4500 Hz (viz tabulka 22 – přílohy na CD). Z čehož vyplývá, že se jedinci po tréninku zlepšili v reakční době na 4500 Hz. U skupiny B starších mužů vyšla nejnižší p hodnota 0,59 na 1. pokus (viz tabulka 23 – přílohy na CD) a po tréninku 0,038 mezi 8000 Hz a 4500 Hz (viz tabulka 24 – přílohy na CD). Ostatní hodnoty vyšly větší než 0,1. Opět je patrné zlepšení reakční doby na 4500 Hz, ale tentokrát pouze vůči 8000 Hz. U skupiny C vyšla nejnižší hodnota p 0,39 na 1. pokus (viz tabulka 25 – přílohy na CD) a po tréninku 0,16 (viz tabulka 26 – přílohy na CD). U skupiny D vyšla nejnižší hodnota p 0,63 na 1. pokus (viz tabulka 27 – přílohy na CD) a po tréninku 0,09 mezi frekvencí 4500 Hz a 8000 Hz (viz tabulka 28 – přílohy na CD). Vliv 8000 Hz může být zkreslený z důvodu nedostatku hodnot, kterých bylo u skupiny B pouze 6 a u skupiny D 7. Pouze u 3 případů vyšly hodnoty p menší než 0,05, takže na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ nulovou hypotézu nezamítáme. **Nebylo tedy potvrzeno, že by frekvence měla vliv na reakční dobu člověka** nebo se může jednat o chyby z důvodu nedostatku testovaných osob.

Vliv tréninku na reakční dobu člověka

Pro statistické testování byl zvolen dvouvýběrový párový t-test, jelikož se jedná o změnu daného jedince. U skupiny A vyšla nejnižší p hodnota 0,013 mezi 4500 Hz 1. pokus a 500 Hz po tréninku. Další p hodnoty nižší než 0,05 vyšly mezi 4500 Hz 1. pokus a 8000 Hz po tréninku, kde $p=0,044$ a mezi 8000 Hz 1. pokus a 500 Hz po tréninku, kde $p=0,014$ (viz tabulka 29 – přílohy na CD). U skupiny B vyšla nejnižší p hodnota 0,078 (viz tabulka 30 – přílohy na CD). U skupiny C vyšla nejnižší p hodnota 0,014 mezi 4500 Hz 1. pokus a 8000 Hz po tréninku. Další p hodnoty menší než 0,05 jsou mezi 4500 Hz 1. pokus a 500 Hz po tréninku, kde $p=0,017$ a také mezi 8000 Hz 1. pokus a 500 Hz po tréninku, kde $p=0,042$ (viz tabulka 31 – přílohy na CD). U poslední skupiny D vyšla nejnižší p hodnota 0,00066 mezi 8000 Hz 1. pokus a 4500 Hz po tréninku. Hodnota p mezi 8000 Hz 1. pokus a 500 Hz po tréninku je 0,016 (viz tabulka 32 – přílohy na CD). Žádná z hodnot p nevyšla menší než 0,05 mezi

stejnými frekvencemi. Nejmenší hodnota p mezi stejnými frekvencemi vyšla u skupiny A mezi 8000 Hz 1. pokus a 8000 Hz po tréninku a její hodnota byla 0,065, což by mohlo značit u této skupiny zlepšení po tréninku. Ovšem na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ Nulovou hypotézu nezamítáme – **nebylo tedy potvrzeno, že by trénink měl vliv na reakční dobu člověka**. Trénink by bylo zapotřebí provádět delší dobu a také by bylo potřeba otestovat více probandů.

Vliv věku na reakční dobu

Vliv věku je testován dvouvýběrovým nepárovým t -testem. U mužů na 1. pokus byly všechny p hodnoty nižší než 0,05 (viz tabulka 33 – přílohy na CD). Po tréninku byla jedna p hodnota 0,123 mezi 500 Hz u mladých a 4500 Hz u starých, ale všechny ostatní hodnoty byly menší než 0,05 (viz tabulka 34 – přílohy na CD). Z toho vyplývá, že můžeme zamítnout nulovou hypotézu a přijmout alternativní hypotézu – **pravděpodobně se u mužů s věkem mění reakční doba**.

U žen nejsou výsledky tak zřetelné. Při 1. pokusu vyšly 4 hodnoty menší než 0,05, nejmenší z nich byla 0,0009 mezi 4500 Hz u mladých a 8000 Hz u starých. 5 hodnot vyšlo větší než 0,05 (viz tabulka 35 – přílohy na CD). Po tréninku vyšla pouze 1 p hodnota menší než 0,05 a to 0,023 mezi 4500 Hz u mladých a 8000 Hz u starých (viz tabulka 36 – přílohy na CD). Takže na hladině významnosti $\alpha=0,05$ nulovou hypotézu nezamítáme a **nebylo prokázáno, že u žen se s věkem mění reakční doba** nebo se jedná o chybu z důvodu malého počtu testovaných osob.

Vliv pohlaví na reakční dobu

Zde jsou porovnávány skupiny mladých a starých probandů zvlášť, a to jak na 1. pokus, tak po tréninku. Testování je prováděno dvouvýběrovým nepárovým t -testem. U skupin A a C vyšly p hodnoty na 1. pokus menší než 0,05 mimo hodnoty 0,059 mezi 500 Hz u mužů a 500 Hz u žen a také mimo 500 Hz mužů a 4500 Hz žen, kde $p=0,16$, (viz tabulka 37 – přílohy na CD). Po tréninku vyšla pouze jedna hodnota p vyšší a to 0,09 mezi 500 Hz u mužů a 4500 Hz u žen (viz tabulka 38 – přílohy na CD). Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ nulovou hypotézu zamítáme a přijímáme alternativní a **rozdíl mezi skupinami není nulový – pohlaví u mladých má vliv na reakční dobu**. U skupin B a D byla na 1. pokus pouze 1 hodnota p nižší než 0,05 a to 0,031 mezi 500 Hz u mužů a 8000 Hz u žen. Ostatní hodnoty jsou větší než 0,05 (viz tabulka 39 – přílohy na CD). Po tréninku je situace stejná, ale rozdíl je mezi hodnotami 4500 Hz u mužů a 8000 Hz u žen, kde $p=0,024$. Ostatní hodnoty jsou opět vyšší než 0,05 (viz tabulka 40 – přílohy na CD). Z toho vyplývá, že na hladině významnosti $\alpha=0,05$ nulovou hypotézu nezamítáme a **nebylo prokázáno, že by u starších lidí pohlaví mělo vliv na reakční dobu**.

Vliv intenzity (hlasitosti) zvukového stimulu

Pro statistické testování byl zvolen dvouvýběrový párový t-test, jelikož ověřujeme rozdíl daného jedince. U skupiny A vyšla nejnižší p hodnota 0,2 (viz tabulka 41 – přílohy na CD). U skupiny B vyšla nejnižší p hodnota 0,33 (viz tabulka 42 – přílohy na CD). U skupiny C vyšlo více hodnot menších než 0,05 a to 0,0068 mezi intenzitou 20 % a 70 % a ještě menší 0,0009 mezi intenzitou 45 % a 70 % (viz tabulka 43 – přílohy na CD). U poslední skupiny D vyšla nejnižší p hodnota 0,49 (viz tabulka 44 – přílohy na CD). Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ nulovou hypotézu nezamítáme u skupin A, B a D, u kterých **nebylo prokázáno, že by intenzita měla vliv na reakční dobu**. Skupina C nemá rozdíl mezi intenzitou 20 % a 45 %, ale mezi těmito intenzitami vůči 70 % už ano, proto nulovou hypotézu zamítáme a přijímáme alternativní – u této skupiny je pravděpodobné, že intenzita má vliv na reakční dobu. Může to však být ovlivněno malým vzorkem naměřených dat. Ale rozdíl je patrný i z Obrázek 36 a také z průměrů reakčních dob v Tabulka 12 mezi kterými je rozdíl vůči intenzitě 70 % cca 67-81 ms.

5.3 Statistická analýza reakční doby na výběrovou reakci

U výběrové reakce bylo taktéž ověřeno normální rozložení, a proto lze použít parametrické t-testy. Na rozdíl od předchozích aplikací jsou naměřená data střední hodnotou (mediánem) 3 reakčních dob, což značně znehodnocuje statistické výsledky.

Vliv podnětu na reakční dobu

Pro statistické vyhodnocení byl zvolen dvouvýběrový párový t-test. Ve statistickém vyhodnocení byly porovnávány reakční doby na 1. pokus i po tréninku. U skupin A a C nevyšla žádná p hodnota vyšší než 0,05 (viz tabulka 45 a 47 – přílohy na CD). U skupiny B, mezi vizuální reakcí 1. pokus a zvukovou reakcí po tréninku, vyšla p hodnota 0,25, všechny ostatní vyšly menší než 0,05 (viz tabulka 46 – přílohy na CD). **Z toho vyplývá, že u skupin A, B a C je mezi reakční dobou na zvukový a vizuální stimul rozdíl** a nulovou hypotézu zamítáme. U skupiny D mezi vizuální reakcí po tréninku a zvukovou reakcí na 1. pokus vyšla jediná hodnota menší než 0,05 a to 0,049 (viz tabulka 48 – přílohy na CD). U této skupiny tedy nulovou hypotézu nezamítáme. **U skupiny D nebylo prokázáno, že by byl rozdíl v reakci na zvukový a vizuální podnět.**

Vliv tréninku na reakční dobu a počet chyb

Pro statistické vyhodnocení byl zvolen dvouvýběrový párový t-test. U skupiny A

vyšly všechny p hodnoty vysoké pro reakci na vizuální i zvukový podnět, a i na počet chyb (viz tabulka 49, 50 a 51 – přílohy na CD). U skupiny B i D je stejný trend (viz tabulka 52, 53, 54, 58, 59, 60 – přílohy na CD). U skupiny C vyšla nejnižší p hodnota ze všech a to 0,218 mezi vizuální reakcí před a po tréninku (viz tabulka 55 – přílohy na CD). Reakční doba na zvukový stimul ani počet chyb se u této skupiny příliš nelišily (viz tabulka 56 a 57). Všechny ostatní p hodnoty vyšly vyšší než 0,24 u všech skupin. Z toho vyplývá, že nulovou hypotézu nezamítáme a **nebylo tedy prokázáno, že by trénink ostatních aplikací měl vliv na zlepšení se ve výběrové reakci, a to ani v počtu chyb.**

Vliv věku na reakční dobu a počet chyb

Pro statistické vyhodnocení byl zvolen dvouvýběrový nepárový t-test. U skupin A a B (mužů) jsou na vizuální reakci všechny p hodnoty menší než 0,05 na 1. pokus i po tréninku. Nejvyšší hodnota p vyšla 0,017 (viz tabulka 61 – přílohy na CD). V reakci na zvukový podnět vyšla nejvyšší p hodnota 0,135 a to mezi reakcemi po tréninku, ostatní p hodnoty byly nižší než 0,05 (viz tabulka 62 – přílohy na CD). U vlivu věku na chybovost vyšla nejnižší p hodnota 0,53 (viz tabulka 63 – přílohy na CD).

U skupin C a D (žen) na vizuální reakci vyšly všechny p hodnoty menší než 0,05 na 1. pokus i po tréninku, (viz tabulka 64 – přílohy na CD), stejně jako u mužů. V reakci na zvukový podnět vyšly dvě p hodnoty menší než 0,05. Rozdíl byl na 1. pokus u mladých vůči 1. pokusu u starších a po tréninku u mladých vůči 1. pokusu u starších (viz tabulka 65 – přílohy na CD). U vlivu věku na počet chyb vyšla nejnižší p hodnota 0,32 (viz tabulka 66 – přílohy na CD). Na hladině významnosti $\alpha=0,05$ nulovou hypotézu zamítáme, jelikož bylo více p hodnot nižších než 0,05. **Věk pravděpodobně má vliv na reakční dobu ve výběrové reakci, ať vizuálního či zvukového stimulu.** Ovšem v počtu chyb nulovou hypotézu přijímáme a **nebylo prokázáno, že by věk měl vliv na chybovost.**

Vliv pohlaví na reakční dobu a počet chyb

Pro statistické vyhodnocení byl zvolen dvouvýběrový nepárový t-test. U vlivu pohlaví vyšla pouze jedna p hodnota nižší než 0,05 a to mezi skupinami A (mladí muži) a C (mladé ženy) na 1. pokus u vizuálního podnětu, konkrétně $p=0,031$ (viz tabulka 67 – přílohy na CD). U všech ostatních testů vyšla p hodnota větší než 0,05 na 1. pokus i po tréninku (viz tabulka 68-78 – přílohy na CD). Nejnižší z nich byla mezi skupinami B (staří muži) a D (staré ženy) na vizuální podnět po tréninku, konkrétně $p=0,14$ (viz tabulka 76 – přílohy na CD). Nulovou hypotézu tedy nezamítáme, **nebylo potvrzeno, že by pohlaví mělo vliv na reakční dobu člověka, a to ani na počet chyb, kde nejnižší p hodnota byla 0,47.**

Statistické vyhodnocení vlivu hraní postřehových her

Jelikož testované osoby byly tázány, zda hrají postřehové hry, byla udělána i statistika u skupiny A, kde byly 4 osoby považující se za hráče postřehových her vůči jejich vrstevníkům, kteří se za hráče postřehových her nepovažují. Vyšla pouze jedna p hodnota nižší než 0,05 u stejného stimulu, a to na vizuální podnět po tréninku u modré barvy (viz tabulka 80 – přílohy na CD). Vyšel také rozdíl mezi modrou a zelenou barvou před tréninkem i po něm (viz tabulka 79 a 80 – přílohy na CD). U reakce na jednoduchý zvukový podnět vyšly některé rozdíly, ale mezi jednotlivými frekvencemi a pouze po tréninku (viz tabulka 82 a 81 – přílohy na CD). Tyhle výsledky jsou nedostatkem dat zatíženy nejvíce, avšak můžeme předpokládat, že hraní postřehových her, což by se dalo považovat za trénink, nemá na reakční dobu vliv a nulovou hypotézu nezamítáme.

6 DISKUZE

Nejvíce důležitý faktor ovlivňující reakční dobu člověka je věk. Mezi 50–60 rokem by se reakční doba měla prodlužovat a po 70 letech by měla být podstatně delší [2, 3]. V této práci je statisticky dokázáno, že věk u mužů má vliv na reakční dobu jednoduchého vizuálního podnětu, jednoduchého zvukového podnětu i na výběrovou reakci. U žen se tento trend neprokázal. U jednoduchého vizuálního podnětu ani u jednoduchého zvukového podnětu se po tréninku hodnoty obou skupin téměř nelišily. U výběrové reakce se již reakční doby žen lišily. Tento faktor však může být hodně ovlivněn nedostatečným počtem testovaných osob. Na počet chyb ve výběrové reakci nebyl prokázán vliv věku.

Pohlaví je dalším významným faktorem, který ovlivňuje reakční dobu člověka. Muži mají rychlejší reakce než ženy [2, 3]. U skupiny mladých mužů 21-25 je patrné, že mají kratší reakční doby než skupina žen 20-25 let. Muži mají rychlejší reakce na jednoduchý vizuální podnět i jednoduchý zvukový podnět. U výběrové reakce již není prokazatelné, že by muži měli kratší reakční dobu. Je to nejspíše způsobeno, že je potřeba zapojit proces rozhodování a ženy jsou v tomto procesu pravděpodobně schopnější než muži. U starších mužů 60-73 let a žen 60-70 let jsou rozdíly mezi pohlavím u jednoduché vizuální reakce sporné a u jednoduché zvukové reakce dokonce vyšlo, že se reakční doby nelišily. Stejně tak u výběrové reakce. Pravděpodobně se rozdíl mezi pohlavími s věkem snižuje. U počtu chyb ve výběrové reakci nebylo prokázáno, že by pohlaví mělo vliv, možná by se vliv projevil ve větším vzorku dat. Z těchto výsledků se zdá, že muži mají kratší reakční dobu v mládí, ale ve výběrové reakci lepší reakce nemají. Naopak ženy mají pomalejší reakční dobu už jako mladé, ale nedochází k takovému zhoršení jako u mužů a jsou schopnější při používání procesu rozhodování. Tyto závěry mohou být ovlivněny malým počtem testovaných osob i statistickou chybou.

V práci nebylo prokázáno, že by barva nebo frekvence stimulu měla vliv na reakční dobu člověka. Ovšem frekvenci 4 500 Hz slyšeli všichni testovaní i při nižší intenzitě, zatímco 8 000 Hz někteří starší lidé vůbec neslyšeli, což mohlo nepříznivě ovlivnit veškerou statistiku týkající se jednoduchého zvukového podnětu, a to nedostatkem dat. Frekvence 4 500 Hz leží v dobrém slyšitelném pásmu člověka, které je od 1 do 5 kHz. I přesto někteří testovaní jedinci tuto frekvenci označovali za nepříjemnou.

Rozdíl mezi vnímáním obrazu a zvuku by dle [2, 3] měl být patrný ve prospěch kratší reakční doby na zvukový stimul. Jelikož zvukový podnět dorazí nervovou dráhou

do mozku za 8-10 ms zatímco vizuální se zpracovává déle 20-40 ms. V této práci je sledován opačný trend a to, že reakční doba na jednoduchý i výběrový zvukový stimul je delší. Možná je to způsobeno již výše zmíněnou rychlostí šíření zvuku nebo pomalou registrací začátku stimulu. Dalším faktorem, který mohl mít vliv může být aplikace samotná, jelikož je aplikace na jednoduchý zvukový podnět daleko rozsáhlejší je možné, že procesor je zpomalen a kliknutí je registrováno s prodlevou, ale to by nemělo platit u výběrové úlohy, kde je taktéž lepší reakční doba na vizuální podnět. Průměrný rozdíl je přibližně 10-80 ms ve prospěch kratší reakční doby na vizuální podnět.

Dalším faktorem, který by měl zkracovat reakční dobu je trénink. V této práci si probandi otestovali 4x reakci na jednoduchý vizuální podnět a 4x reakci na jednoduchý zvukový podnět, což jim zabralo 4-5 minut. U žádné skupiny se nepovedlo prokázat, že by trénink měl vliv na jejich reakční dobu. Naopak 70 % probandů se spíše zhoršilo, jelikož byli napjatější a nervóznější než při 1. pokusu. Ani hráči postřehových her, kteří mají trénink v rámci hraní, nevykazují lepší výsledky oproti ostatním. Při dlouhodobém tréninku a po otestování více probandů by se možná jeho vliv projevil.

Faktor, který může zásadně ovlivnit reakční dobu, je pokud pravák používá k vyhodnocení (kliknutí) reakce svou nedominantní (levou) rukou. V tomto případě je stimul zaznamenán dominantní hemisférou, ale při použití nedominantní ruky musí nejdříve přijít do opačné hemisféry a až potom dojde ke svalové reakci. Což reakční dobu nepříznivě ovlivňuje [2]. Jedna osoba používala svou levou ruku, i přestože její dominantní rukou je pravá. Jednalo se o mladou ženu ze skupiny C a tímto způsobem vytvořila v této skupině extrémy. Průměrné reakční doby a věk této osoby jsou v naměřených datech zvýrazněny světle modrým písmem, (viz Tabulka 4 a Tabulka 8).

U vlivu hlasitosti zvukového podnětu vyšly zajímavé výsledky. U skupin A, B a D se neprokázalo, že snížení intenzity z původních 70 % na 20 % nebo 45 % má statistický význam, ale u skupiny mladých žen, se ukázalo, že měli na nejvyšší hlasitost lepší výsledky.

Veškeré statistické testy jsou ovlivněny malým vzorkem dat a taky možnou statistickou chybou, kdy je 5 % šance, že byla zamítnuta nulová hypotéza, i přesto, že ve skutečnosti platí a neměla být zamítnuta.

7 ZÁVĚR

V této bakalářské práci byly popsány rozdíly mezi jednoduchou reakcí a výběrovou reakcí. Byly realizovány 3 aplikace vyhodnocující reakční dobu. Dále bylo popsáno, které faktory ovlivňují reakční dobu člověka nejvíce. V prostředí MIT App Inventoru, který byl v této práci popsán, byly vytvořeny aplikace na jednoduchý vizuální podnět (RefleXColor), jednoduchý zvukový podnět (RefleXSound) a na výběrovou reakci mezi těmito dvěma podněty (RelexXx). U prvních dvou je možné měnit parametry stimulu (např. změna frekvence a intenzity na zvukový podnět).

V další části práce bylo otestováno 40 osob dvou věkových skupin. Ve vzorku se nacházely obě pohlaví, ale chyběla populace dětí do 20 let a také střední věková skupina 25-59 let. K měření sloužil protokol, který zahrnuje údaje ze všech aplikací. Poté byla naměřená data statisticky vyhodnocena.

Statistická analýza potvrdila, že věk má vliv na reakční dobu člověka, ale u žen to není, tak zřejmé jako u mužů. Také bylo ověřeno, že pohlaví má vliv na reakční dobu, ovšem bylo to zjištěno jen u skupiny mladých 20-25 let, u skupiny 60-73 let se rozdíl mezi pohlavími neprojevil. Nebylo prokázáno, že by trénink, barva u vizuálního stimulu či frekvence u zvukového stimulu měly vliv na reakční dobu člověka. Ovšem všechny tyto výsledky mohou být ovlivněny malým počtem dat. Lepší by bylo naměřit 80 probandů nebo více, ale jelikož jedno měření trvalo 18-22 minut bylo by to časově velmi náročné. Bylo by vhodné, aby proband déle trénoval aplikace, ale to by prodloužilo čas potřebný k měření a možná i soustředěnost objektů.

LITERATURA

- [1] CRABTREE, D. a L. ANTRIM. Guidelines for measuring reaction time. *Perceptual and Motor Skills* [online]. 1988, **66**(2), 363-370 [cit. 2016-10-20]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3399312>
- [2] KOSINSKI, Robert. *A Literature Review on Reaction Time* [online]. Clemson University [cit. 2016-10-20]. Dostupné z: http://homepage.univie.ac.at/andreas.franz.reichelt/intro2cogsci2/data/literature_review_reaction_time.pdf
- [3] *Reflexy a reakční doba* [online]. In: s. 1-11 [cit. 2016-10-23]. Dostupné z: http://www.zsf.jcu.cz/cs/katedra/katedra-klinickych-a-preklinickych-oboru/import/manual-frvs/10_reflexy.pdf
- [4] Reflex. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-10-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Reflex>
- [5] MACHATÝ, Jiří. *Program pro měření reakční doby na zrakový a sluchový podnět* [online]. 2009 [cit. 2016-11-22]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28609
Bakalářská práce. Vysoké učení Technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Jiří Sekora.
- [6] HRAZDIRA, Ivo a Vojtěch MORNSTEIN. *Lékařská biofyzika a přístrojová technika. 2.* Brno: Neptun, 2001. ISBN 80-902896-1-4.
- [7] Čípek (oko). In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%ADpek_\(oko\)](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8C%C3%ADpek_(oko))
- [8] VORÁLKOVÁ, Kateřina. *Zrakové vnímání řidiče v dopravním provozu* [online]. Brno, 2012 [cit. 2016-11-12]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=54870
Diplomová. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Robert Sedlák.
- [9] STRAUS, Jiří. *Prodloužení reakční doby v závislosti na hladině alkoholu* [online]. 1-20 [cit. 2016-11-23]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/prodlouzeni-reakcni-doby-v-zavislosti-na-hladine-alkoholu.aspx>
Katedra kriminalistiky Policejní akademie ČR v Praze
- [10] Audiometrie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-11-23]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Audiometrie>
- [11] *ITnetwork: java* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z: <http://www.itnetwork.cz/java/android>

- [12] *MIT App Inventor* [online]. [cit. 2016-11-24]. Dostupné z:
<http://appinventor.mit.edu/explore/>
- [13] Modrá šipka ve formátu PNG volně dostupná z
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/19/Arrow_Blue_Up_001.svg/1024px-Arrow_Blue_Up_001.svg.png
- [14] WOLBER, David. App Inventor and Real-World Motivation: Department of Computer Science. University of San Francisco, 601-606.
- [15] GESTWICKI, Paul a Khuloud AHMAD. *APP INVENTOR FOR ANDROID WITH STUDIO-BASED LEARNING: Computer Science Department*. Ball State University, 55-62.
- [16] MACKELLAR, Bonnie a Maria LEIBFRIED. *Designing and Building Mobile Pharmacy Apps in a Healthcare IT Course: Division of Computer Science*. St John's University, , 153-154.
- [17] ZHANG, Chi. *HEALTHCARE MOBILE APP DEVELOPMENT WITH APP INVENTOR IN A HEALTH IT COURSE*. Southern Polytechnic State University, , 1-7.
- [18] WOLBER, David, Hal ABELSON, Ellen SPERTUS a Liz LOONEY. *App Inventor: Create Your Own Android Apps*. Canada, 2011, (First Edition), Chapter 1.
- [19] POKRESS, Shaileen Crawford a José Juan Dominguez VEIGA. *MIT App Inventor: Enabling personal mobile computing*. MIT Media Lab.
- [20] TURBAK, Franklyn, David WOLBER a Paul MEDLOCK-WALTON. *The Design of Naming Features in App Inventor 2*. USA, , 129-131.
- [21] Barevné schémata – pozadí obrazovky byla vytvořena na webových stránkách
<https://coolors.co/>
- [22] Close button – obrázek křížku ve formátu PNG pro zavření aplikace volně stáhnutý z
https://cdn.pixabay.com/photo/2014/03/25/16/59/cancel-297783_960_720.png
- [23] *Matematika* [online]. Brno-město: Nová média, 2006 [cit. 2017-05-17]. Dostupné z:
<http://www.matematika.cz/>
- [24] JARKOVSKÝ, J. a L. DUŠEK. *Analýza dat* [online]. In: . Masarykova Univerzita Brno: Institut biostatistiky a analýz, s. 1-282 [cit. 2017-05-23]. Dostupné z:
https://is.muni.cz/auth/el/1411/podzim2015/ASTAp/um/Analyza_dat.pdf

PŘÍLOHY

Tabulka 2. Reakce na jednoduchý vizuální podnět skup. muži 21-25 let

Věk	Reakce na	Bílá	Červená	Modrá	Zelená	Průměr jedince	σ
25	1. Pokus [ms]	330	317	340	300	321,75	14,973
	Po tréninku [ms]	317	297	330	307	312,75	12,214
21	1. Pokus [ms]	290	277	287	293	286,75	6,016
	Po tréninku [ms]	307	303	317	303	307,5	5,723
22	1. Pokus [ms]	357	360	333	297	336,75	25,223
	Po tréninku [ms]	293	307	293	300	298,25	5,804
21	1. Pokus [ms]	430	357	383	400	392,5	26,519
	Po tréninku [ms]	327	360	360	347	348,5	13,500
24	1. Pokus [ms]	333	323	317	310	320,75	8,437
	Po tréninku [ms]	327	320	330	373	337,5	20,815
22	1. Pokus [ms]	330	333	307	320	322,5	10,161
	Po tréninku [ms]	353	347	310	340	337,5	16,530
22	1. Pokus [ms]	423	333	327	290	343,25	48,900
	Po tréninku [ms]	337	313	320	300	317,5	13,351
24	1. Pokus [ms]	303	353	323	307	321,5	19,666
	Po tréninku [ms]	313	327	347	330	329,25	12,091
21	1. Pokus [ms]	360	323	337	357	344,25	15,122
	Po tréninku [ms]	370	347	380	347	361	14,440
22	1. Pokus [ms]	330	343	367	323	340,75	16,769
	Po tréninku [ms]	327	337	317	333	328,5	7,533
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	348,6	331,9	332,1	319,7	333,075	10,274
22,4	Průměr po tréninku [ms]	327,1	325,8	330,4	331,5	328,7	2,329

Tabulka 3. Reakce na jednoduchý vizuální podnět skup. muži 60-73 let

Věk	Reakce na	Bílá	Červená	Modrá	Zelená	Průměr jedince	σ
66	1. Pokus [ms]	403	343	387	407	385	25,377
	Po tréninku [ms]	397	460	397	370	406	33,068
61	1. Pokus [ms]	343	327	287	287	311	24,658
	Po tréninku [ms]	320	317	357	330	331	15,764
73	1. Pokus [ms]	330	317	323	307	319,25	8,437
	Po tréninku [ms]	357	330	367	337	347,75	14,889
60	1. Pokus [ms]	477	427	437	427	442	20,616
	Po tréninku [ms]	440	477	467	433	454,25	18,267
60	1. Pokus [ms]	543	480	407	367	449,25	67,611
	Po tréninku [ms]	373	410	387	407	394,25	15,122
66	1. Pokus [ms]	450	337	350	373	377,5	43,798
	Po tréninku [ms]	343	340	350	340	343,25	4,085
62	1. Pokus [ms]	397	387	397	403	396	5,745
	Po tréninku [ms]	550	420	430	417	454,25	55,490
65	1. Pokus [ms]	445	397	410	387	409,75	21,925
	Po tréninku [ms]	367	340	350	337	348,5	11,715
63	1. Pokus [ms]	387	360	387	367	375,25	12,008
	Po tréninku [ms]	360	387	343	350	360	16,718
61	1. Pokus [ms]	433	407	397	387	406	17,117
	Po tréninku [ms]	410	393	447	403	413,25	20,401
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	420,8	378,2	378,2	371,2	387,1	19,665
63,7	Průměr po tréninku [ms]	391,7	387,4	389,5	372,4	385,25	7,573

Tabulka 4. Reakce na jednoduchý vizuální podnět skup. ženy 20-25 let

Věk	Reakce na	Bílá	Červená	Modrá	Zelená	průměr jedince	σ
21	1. Pokus [ms]	340	333	370	347	347,5	13,901
	Po tréninku [ms]	357	417	373	357	376	24,556
22	1. Pokus [ms]	367	377	350	397	372,75	17,006
	Po tréninku [ms]	357	390	380	390	379,25	13,479
24	1. Pokus [ms]	380	323	360	373	359	21,989
	Po tréninku [ms]	443	483	507	413	461,5	36,149
21	1. Pokus [ms]	393	390	377	383	385,75	6,220
	Po tréninku [ms]	340	340	350	350	345	5,000
21	1. Pokus [ms]	420	393	433	387	408,25	18,939
	Po tréninku [ms]	450	413	393	440	424	22,439
24	1. Pokus [ms]	467	410	403	407	421,75	26,243
	Po tréninku [ms]	473	440	440	407	440	23,335
25	1. Pokus [ms]	397	447	387	360	397,75	31,491
	Po tréninku [ms]	343	353	397	387	370	22,561
25	1. Pokus [ms]	533	373	410	387	425,75	63,314
	Po tréninku [ms]	467	517	440	400	456	42,526
25	1. Pokus [ms]	523	407	390	440	440	51,181
	Po tréninku [ms]	413	390	433	390	406,5	17,951
20	1. Pokus [ms]	420	373	407	377	394,25	19,842
	Po tréninku [ms]	357	390	390	367	376	14,440
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	424	382,6	388,7	385,8	395,275	16,724
22,8	Průměr po tréninku [ms]	400	413,3	410,3	390,1	403,425	9,139

Tabulka 5. Reakce na jednoduchý vizuální podnět skup. ženy 60-70 let

Věk	Reakce na	Bílá	Červená	Modrá	Zelená	průměr jedince	σ
70	1. Pokus [ms]	700	550	523	467	560	86,195
	Po tréninku [ms]	407	427	497	427	439,5	34,187
61	1. Pokus [ms]	457	357	370	400	396	38,516
	Po tréninku [ms]	417	463	447	437	441	16,673
60	1. Pokus [ms]	417	357	340	343	364,25	31,124
	Po tréninku [ms]	363	403	400	370	384	17,706
61	1. Pokus [ms]	610	610	510	510	560	50,000
	Po tréninku [ms]	563	463	420	390	459	65,410
68	1. Pokus [ms]	417	460	440	380	424,25	29,735
	Po tréninku [ms]	450	410	410	403	418,25	18,552
65	1. Pokus [ms]	403	407	407	400	404,25	2,947
	Po tréninku [ms]	407	390	393	410	400	8,631
64	1. Pokus [ms]	457	440	417	433	436,75	14,359
	Po tréninku [ms]	477	460	453	467	464,25	8,871
66	1. Pokus [ms]	447	427	440	417	432,75	11,584
	Po tréninku [ms]	430	443	433	417	430,75	9,284
60	1. Pokus [ms]	397	380	373	387	384,25	8,871
	Po tréninku [ms]	420	407	397	393	404,25	10,425
62	1. Pokus [ms]	453	433	427	423	434	11,533
	Po tréninku [ms]	443	437	447	433	440	5,385
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	450,9	442,1	424,1	416	433,275	13,885
63,7	Průměr po tréninku [ms]	437,7	430,3	429,7	414,7	428,1	8,353

Tabulka 6. Reakční doba na jednoduchý zvukový podnět skup. muži 21-25 let

Věk	Reakce na	500 Hz	4500 Hz	8000 Hz	průměr jedince	σ
25	1. Pokus [ms]	310	360	320	330,00	21,602
	Po tréninku [ms]	333	333	363	343,00	14,142
21	1. Pokus [ms]	323	340	403	355,33	34,413
	Po tréninku [ms]	393	347	367	369,00	18,833
22	1. Pokus [ms]	340	357	327	341,33	12,284
	Po tréninku [ms]	377	333	340	350,00	19,305
21	1. Pokus [ms]	417	357	407	393,67	26,247
	Po tréninku [ms]	437	403	407	415,67	15,173
24	1. Pokus [ms]	537	353	327	405,67	93,471
	Po tréninku [ms]	443	350	410	401,00	38,497
22	1. Pokus [ms]	397	354	337	362,67	25,250
	Po tréninku [ms]	410	317	423	383,33	47,204
22	1. Pokus [ms]	383	367	360	370,00	9,626
	Po tréninku [ms]	423	323	377	374,33	40,868
24	1. Pokus [ms]	370	357	387	371,33	12,284
	Po tréninku [ms]	390	330	407	375,67	33,029
21	1. Pokus [ms]	383	413	373	389,67	16,997
	Po tréninku [ms]	390	333	377	366,67	24,390
22	1. Pokus [ms]	347	337	363	349,00	10,708
	Po tréninku [ms]	377	357	380	371,33	10,209
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	380,7	359,5	360,4	366,87	9,789
22,4	Průměr po tréninku [ms]	397,3	342,6	385,1	375,00	23,445

Tabulka 7. Reakční doba na jednoduchý zvukový podnět skup. muži 60-73 let

Věk	Reakce na	500 Hz	4500 Hz	8000 Hz	průměr jedince	σ
66	1. Pokus [ms]	410	483	5590	446,50	36,500
	Po tréninku [ms]	567	393	1633	480,00	87,000
61	1. Pokus [ms]	503	390	350	414,33	64,789
	Po tréninku [ms]	360	347	387	364,67	16,660
73	1. Pokus [ms]	357	440	447	414,67	40,877
	Po tréninku [ms]	433	380	697	503,33	138,642
60	1. Pokus [ms]	433	433	443	436,33	4,714
	Po tréninku [ms]	447	450	493	463,33	21,013
60	1. Pokus [ms]	463	450	1860	456,50	6,500
	Po tréninku [ms]	447	510	850	478,50	31,500
66	1. Pokus [ms]	420	547	2543	483,50	63,500
	Po tréninku [ms]	400	390	1200	395,00	5,000
62	1. Pokus [ms]	490	473	4487	481,50	8,500
	Po tréninku [ms]	497	433	2067	465,00	32,000
65	1. Pokus [ms]	480	450	467	465,67	12,284
	Po tréninku [ms]	447	460	487	464,67	16,660
63	1. Pokus [ms]	467	443	510	473,33	27,717
	Po tréninku [ms]	480	450	503	477,67	21,700
61	1. Pokus [ms]	450	467	550	489,00	43,688
	Po tréninku [ms]	467	460	507	478,00	20,704
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	447,3	457,17	461,17	455,21	5,829
63,7	Průměr po tréninku [ms]	454,5	427,3	512,33	464,71	35,456

Tabulka 8. Reakční doba na jednoduchý zvukový podnět skup. ženy 20-25 let

Věk	Reakce na	500 Hz	4500 Hz	8000 Hz	průměr jedince	σ
21	1. Pokus [ms]	353	367	387	369,00	13,952
	Po tréninku [ms]	433	397	423	417,67	15,173
22	1. Pokus [ms]	400	413	393	402,00	8,287
	Po tréninku [ms]	477	433	407	439,00	28,891
24	1. Pokus [ms]	517	447	480	481,33	28,593
	Po tréninku [ms]	523	507	503	511,00	8,641
21	1. Pokus [ms]	460	393	443	432,00	28,437
	Po tréninku [ms]	473	440	453	455,33	13,573
21	1. Pokus [ms]	463	467	417	449,00	22,686
	Po tréninku [ms]	507	450	467	474,67	23,893
24	1. Pokus [ms]	427	417	490	444,67	32,314
	Po tréninku [ms]	523	460	483	488,67	26,030
25	1. Pokus [ms]	397	397	410	401,33	6,128
	Po tréninku [ms]	423	330	367	373,33	38,230
25	1. Pokus [ms]	543	483	453	493,00	37,417
	Po tréninku [ms]	447	440	507	464,67	30,070
25	1. Pokus [ms]	403	423	417	414,33	8,380
	Po tréninku [ms]	387	417	510	438,00	52,364
20	1. Pokus [ms]	400	357	417	391,33	25,250
	Po tréninku [ms]	407	417	400	408,00	6,976
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	436,3	416,4	430,7	427,80	8,379
22,8	Průměr po tréninku [ms]	460	429,1	452	447,03	13,095

Tabulka 9. Reakční doba na jednoduchý zvukový podnět skup. ženy 60-70 let

Věk	Reakce na	500 Hz	4500 Hz	8000 Hz	průměr jedince	σ
70	1. Pokus [ms]	747	703	1693	725,00	22,000
	Po tréninku [ms]	483	440	763	461,50	21,500
61	1. Pokus [ms]	400	463	483	448,67	35,368
	Po tréninku [ms]	463	423	513	466,33	36,818
60	1. Pokus [ms]	477	337	463	425,67	62,957
	Po tréninku [ms]	387	373	460	406,67	38,143
61	1. Pokus [ms]	597	507	517	540,33	40,277
	Po tréninku [ms]	493	477	463	477,67	12,257
68	1. Pokus [ms]	460	407	557	474,67	62,109
	Po tréninku [ms]	427	450	533	470,00	45,527
65	1. Pokus [ms]	437	510	2803	473,50	36,500
	Po tréninku [ms]	493	527	1650	510,00	17,000
64	1. Pokus [ms]	470	453	497	473,33	18,117
	Po tréninku [ms]	460	437	487	461,33	20,434
66	1. Pokus [ms]	500	510	1897	505,00	5,000
	Po tréninku [ms]	497	483	1287	490,00	7,000
60	1. Pokus [ms]	437	427	450	438,00	9,416
	Po tréninku [ms]	430	413	443	428,67	12,284
62	1. Pokus [ms]	463	457	497	472,33	17,613
	Po tréninku [ms]	450	447	463	453,33	6,944
Věkový průměr	Průměr 1. Pokus [ms]	498,8	477,4	494,86	490,35	9,300
63,7	Průměr po tréninku [ms]	458,3	447	480,29	461,86	13,822

Tabulka 10. Reakční doba na zvukový podnět – vliv intenzity pro skup. muži 21-25 let

věk	Reakční doba na danou intenzitu [ms]		
	20 %	45 %	70 %
25	360	400	346,5
21	367	303	366,5
22	350	370	367
21	403	343	397
24	370	373	398
22	350	423	382
22	357	333	395
24	343	337	373,5
21	427	390	401,5
22	360	393	357
∅	368,7	366,5	378,4

Tabulka 11. Reakční doba na zvukový podnět – vliv intenzity pro skup. muži 60-73 let

věk	Reakční doba na danou intenzitu [ms]		
	20 %	45 %	70 %
66	403	370	438
61	333	340	368,5
73	430	393	410
60	497	393	441,5
60	777	820	480
66	413	437	468,5
62	460	500	453
65	487	463	455
63	460	447	446,5
61	487	450	463,5
∅	474,7	461,3	442,45

Tabulka 12. Reakční doba na zvukový podnět – vliv intenzity pro skup. ženy 20-25 let

věk	Reakční doba na danou intenzitu [ms]		
	20 %	45 %	70 %
21	377	367	350
22	423	427	380
24	660	473	390
21	433	407	398
21	463	507	408,5
24	497	530	367
25	353	373	326,5
25	467	487	406,5
25	477	433	378
20	427	433	357
Ø	457,7	443,7	376,15

Tabulka 13. Reakční doba na zvukový podnět – vliv intenzity pro skup. ženy 60-70 let

věk	Reakční doba na danou intenzitu [ms]		
	20 %	45 %	70 %
66	403	370	438
61	333	340	368,5
73	430	393	410
60	497	393	441,5
60	547	623	480
66	413	437	468,5
62	460	500	453
65	487	463	455
63	460	447	446,5
61	487	450	463,5
Ø	451,7	441,6	442,45

Tabulka 14. Výběrová reakce skup. muži 21-25 let

Věk	Reakce na	Medián na vizuální podnět	Medián na zvukový podnět	Počet chyb
25	1. Pokus [ms]	300	400	0
	Po tréninku [ms]	180	520	0
21	1. Pokus [ms]	160	280	0
	Po tréninku [ms]	220	340	0
22	1. Pokus [ms]	300	400	1
	Po tréninku [ms]	280	420	1
21	1. Pokus [ms]	300	330	0
	Po tréninku [ms]	280	370	1
24	1. Pokus [ms]	250	330	1
	Po tréninku [ms]	450	510	3
22	1. Pokus [ms]	220	480	0
	Po tréninku [ms]	230	430	1
22	1. Pokus [ms]	190	320	0
	Po tréninku [ms]	180	270	0
24	1. Pokus [ms]	300	330	0
	Po tréninku [ms]	280	410	0
21	1. Pokus [ms]	400	300	2
	Po tréninku [ms]	320	440	1
22	1. Pokus [ms]	210	570	0
	Po tréninku [ms]	210	420	0
Ø celkem		263	393,5	0,55

Tabulka 15. Výběrová reakce skup. muži 60-73 let

Věk	Reakce na	Medián na vizuální podnět	Medián na zvukový podnět	Počet chyb
66	1. Pokus [ms]	730	730	0
	Po tréninku [ms]	260	430	0
61	1. Pokus [ms]	260	380	1
	Po tréninku [ms]	260	430	0
73	1. Pokus [ms]	230	440	0
	Po tréninku [ms]	300	400	1
60	1. Pokus [ms]	250	570	0
	Po tréninku [ms]	310	500	0
60	1. Pokus [ms]	460	560	1
	Po tréninku [ms]	470	800	1
66	1. Pokus [ms]	440	430	1
	Po tréninku [ms]	270	400	0
62	1. Pokus [ms]	500	620	1
	Po tréninku [ms]	510	480	1
65	1. Pokus [ms]	420	550	0
	Po tréninku [ms]	380	520	0
63	1. Pokus [ms]	310	480	1
	Po tréninku [ms]	320	500	2
61	1. Pokus [ms]	450	580	0
	Po tréninku [ms]	390	510	0
Ø celkem		376	515,5	0,55

Tabulka 16. Výběrová reakce skup. ženy 20-25 let

Věk	Reakce na	Medián na vizuální podnět	Medián na zvukový podnět	Počet chyb
21	1. Pokus [ms]	280	360	0
	Po tréninku [ms]	450	470	3
22	1. Pokus [ms]	320	380	1
	Po tréninku [ms]	280	340	0
24	1. Pokus [ms]	490	610	5
	Po tréninku [ms]	290	460	0
21	1. Pokus [ms]	380	360	1
	Po tréninku [ms]	250	400	0
21	1. Pokus [ms]	320	360	1
	Po tréninku [ms]	250	400	1
24	1. Pokus [ms]	290	560	0
	Po tréninku [ms]	240	430	0
25	1. Pokus [ms]	310	310	0
	Po tréninku [ms]	230	300	0
25	1. Pokus [ms]	310	440	0
	Po tréninku [ms]	350	400	0
25	1. Pokus [ms]	370	490	0
	Po tréninku [ms]	250	400	0
20	1. Pokus [ms]	270	460	0
	Po tréninku [ms]	310	450	0
Ø celkem		312	419	0,6

Tabulka 17. Výběrová reakce skup. ženy 60-70 let

Věk	Reakce na	Medián na vizuální podnět	Medián na zvukový podnět	Počet chyb
70	1. Pokus [ms]	480	790	1
	Po tréninku [ms]	260	540	0
61	1. Pokus [ms]	860	530	2
	Po tréninku [ms]	390	300	1
60	1. Pokus [ms]	230	320	0
	Po tréninku [ms]	550	320	2
61	1. Pokus [ms]	610	700	0
	Po tréninku [ms]	370	410	1
68	1. Pokus [ms]	450	520	1
	Po tréninku [ms]	510	610	2
65	1. Pokus [ms]	750	820	1
	Po tréninku [ms]	400	1210	0
64	1. Pokus [ms]	460	510	0
	Po tréninku [ms]	450	550	1
66	1. Pokus [ms]	530	700	2
	Po tréninku [ms]	480	620	0
60	1. Pokus [ms]	360	460	0
	Po tréninku [ms]	380	440	1
62	1. Pokus [ms]	420	550	0
	Po tréninku [ms]	450	580	0
Ø celkem		469,5	574	0,75

PŘÍLOHY NA CD

- Jednotlivé aplikace ve formátu .apk (aplikace RefleX – jednoduchá reakce na vizuální podnět, aplikace RefleXx – jednoduchá reakce na zvukový podnět, ReflexXx – aplikace na výběrovou reakci)
- Jednotlivé aplikace ve formátu .aia (aplikace RefleX – jednoduchá reakce na vizuální podnět, aplikace RefleXx – jednoduchá reakce na zvukový podnět, ReflexXx – aplikace na výběrovou reakci)
- Přílohy na CD – Přílohy – statistické tabulky
- Protokol měření reakční doby člověka (.pdf a .docx)
- Václav_Vykydal_BP.pdf (Měření reakční doby člověka)